



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

VEGÁN FAGYLALTOK FEHÉRJEKIEGÉSZÍTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

TDK dolgozat

Készítette: **Pap Rebeka**
Élelmiszermérnök

Témavezető: Nyulasné Dr. Zeke Ildikó Csilla
Egyetemi adjunktus, Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet, Állattermék és
Élelmiszertartósítási Technológiai Tanszék

Lezárás dátuma: 2024.

**Budapest
2024.**

Tartalomjegyzék

1.Bevezetés és célkitűzések	2
2.Szakirodalmi áttekintés	4
2.1.A fagylaltról általánosságban	4
2.2.Vegán fagylaltokról általánosan	5
2.3.A fagylaltgyártás során felhasznált alap- és adalékanyagok	6
2.4.Fagylaltgyártás lépései az iparban.....	13
2.5.Fagylaltok vizsgálati módszerei	15
3.Alkalmazott anyagok és módszerek.....	17
3.1.Fagylaltmix elkészítése	17
3.2.Szín-, pH- és szárazanyag-tartalom mérés	19
3.3.Habosíthatóság (overrun) mérés.....	20
3.4.Olvadékonyság mérés	20
3.5.Állománymérés	21
3.6.Érzékszervi bírálat.....	21
4.Eredmények és értékelésük.....	22
4.1.Szárazanyag-tartalom, szín- és pH-mérés	22
4.1.1.Szárazanyag-tartalom mérés	22
4.1.2.pH-mérés.....	23
4.1.3.Színmérés	24
4.2.Habosíthatóság mérés.....	26
4.3.Olvadékonyság mérés	27
4.4.Állománymérés	29
4.5.Érzékszervi bírálat.....	32
5.Következtetések és javaslatok.....	34
6.Összefoglalás	38
7.Irodalomjegyzék	40
8.Ábrák, táblázatok és egyenletek jegyzéke	44
8.1.Ábrajegyzék	44
8.2.Táblázatjegyzék.....	44
8.3.Egyenletjegyzék	44

1.Bevezetés és célkitűzések

A mai világban sorra jelennek meg az újabb fogyasztói igények és nézetek, amelyekkel az élelmiszeriparnak is lépést kell tartania. Ezek közé tartoznak a divatdiéták, az egészségtudatos étkezés, a vegetarianizmus, a veganizmus vagy akár a környezeti fenntarthatóság és az állatjólét is. Mindezek mellett egyre több fogyasztóról derül ki, hogy valamilyen ételallergiában vagy -érzékenységben szenved, mint például a tejfehérje-allergia vagy a tejcukorérzékenység. Ezek ösztönzik az élelmiszeripar különböző ágazatainak fejlődését, hogy minél nagyobb kínálattal ki tudják szolgálni az érintett fogyasztókat.

A vegán fogyasztók számának növekedésével a vegán élelmiszerek iránti kereslet is emelkedik szerte a világban. A vegán életszemlélet nem csak az állati eredetű élelmiszerek mellőzését jelenti, hanem azt is, hogy semmilyen más állati eredetű terméket nem vásárolnak, mint például bőrből készült termékeket vagy állatokon tesztelt kozmetikumokat (Miguel és mtsai., 2021).

A fogyasztók körében, az élelmiszeriparban egyre nagyobb teret hódítanak a növényi fehérjék a piacon, ezzel egy új alternatívát kínálva az állati eredetű termékek kiváltására. A növényi fehérjék használata azonban megbonyolítja a gyártók munkáját, mivel technológiai és érzékszervi nehézségeket is jelent. Ennek oka, hogy a különböző fehérjék eltérő fizikai, kémiai és funkcionális tulajdonsággal rendelkeznek. Új módszerek, receptúrák, folyamatok kidolgozása szükséges. Viszont fontos megjegyezni, hogy a leggyakrabban alkalmazott növényi fehérjék az élelmiszeriparban a szójaból és a búzából kinyert fehérje, amelyek allergén tulajdonsággal rendelkeznek. Ebből következik, hogy a gyártók törekszenek más, lehetséges nem allergén fehérjeforrást alkalmazni. Ilyen opció lehet a rizs- vagy a borsófehérje, melyek jobb emészthetőséggel és biológiai értékkel is rendelkeznek (H. Zhao és mtsai., 2020).

Az új fogyasztói igényekhez a fagyaltgyártók is próbálnak igazodni és fejleszteni termékpalalettájukat. A gyártástechnológia az elmúlt években rohamos mértékben fejlődött és egyre több új alapanyagot is felhasználtak. Változtak a kiszerelések méretei, egyre szélesebb választék lett elérhető a fogyasztók számára a kereskedelemben, a kisebb-nagyobb kiszerelésektől az egyesével csomagolt jégkrémig.

A fagyaltok igen közkedvelt élelmiszerek, desszertek, melyet fagyott állapotban fogyasztanak. A fagyalt szót meghallva az emberek a hagyományos, tejjel készült termékre gondolnak. Jellemzőjük, hogy háromkomponensű habrendszerből állnak, zsírgolyócskák, jégkristályok és levegőmolekulák alkotta rendszerek, melyek viszkózus vizes fázisban találhatóak. A tej, mint fő alapanyag, igen komplex feladatokat tölt be a fagyaltgyártás során. Ezek közé sorolható a

megfelelő szerkezet kialakítása, oldószerként viselkedik a hozzáadott ízek esetében, képes olvadni és kristályosodni is, valamint elnyomja a hidegérzetet (Javidi és mtsai., 2016). Ezen összetett tulajdonság miatt is olyan nehéz jó vegán opciót alkotni, ugyanis a növényi alternatívák alkalmazásával a késztermék tulajdonságai, állománya, olvadékonysága és íze nagy mértékben változik. Továbbá a vegán készítményekben nehézséget jelent a megfelelő fehérje-tartalom, mivel a hozzávalók önmagukban nem, vagy csak nagyon minimális mértékben tartalmaznak fehérjét. Erre különös hangsúlyt kell fektetni, ugyanis a fehérjék használata nagy mértékben befolyásolja a végtermék tulajdonságait, legfőképp az állományt, az olvadékonyságot és az ízt. Ezen okból kifolyólag a dolgozatomban célul tűztem ki, hogy megvizsgáljam borsó-, szója-, barnarizs-, lóbab- és mungóbabfehérje felhasználásával készült fagylaltok meghatározó minőségi jellemzőit, az állományra gyakorolt hatásukat. A céljaim között szerepelt továbbá az is, hogy olyan receptúrákat dolgozzak ki, melyek alapján a vizsgálatok során lehetőségem lesz összehasonlítani a fagylaltokat. Így törekedtem rá, hogy közel azonos zsír, szénhidrát és fehérjetartalmú mixeket állítsak elő.

Továbbá vizsgálni szerettem volna még, hogy a növényi fehérjék mellett az állományjavító alkalmazása milyen hatással van az említett tulajdonságokra, valamint megfigyelhető-e valamilyen kölcsönhatás az alkalmazott fehérjékkel. Így kiválasztottam a szentjánoskenyérmag-lisztet, mint állományjavítót. Illetve a mikrobiális transzglutaminázt, mint enzimet, amelyet már korábbi kutatások során is alkalmazták állományjavítás céljából. Ezek felhasználásával készítettem különböző mintasorokat. Az így kapott eredményeket egymáshoz és egy állományjavító nélküli mintasorhoz hasonlítottam.

A munkám során egy félkész terméket szeretnék készíteni, mely egy megfelelő alapot nyújtana a későbbi fejlesztésekhez, így a későbbiekben ízesítve vagy akár önmagában fogyasztva is egy kellemes élvezeti értéket nyújtó fagylalt opció lenne. Végző célként tűztem ki, hogy a mérési eredményeket, valamint az érzékszervi bírálatot alapul véve kiválasszak egy, vagy akár több fehérjét is, melyek megfelelő alapot nyújtanának egy végző termék elkészítéséhez.

2.Szakirodalmi áttekintés

2.1.A fagylaltról általánosságban

Elsőként ismertetném a fagylaltot és az általános tudnivalókat vele kapcsolatban. A fagylalt népszerű fagyasztott tejtermék, relatíve magas zsír- és koleszterintartalma, valamint laktózt és egyéb cukrokat is tartalmaz nagyobb mennyiségben, ez végett mérsékelt fogyasztása ajánlott (Pontonio és mtsai., 2022). Konkrét definíció nincs a fagylalttal kapcsolatban, ez országonként eltérő. De általánosságban elmondható, hogy ez egy olyan fagyasztott élelmiszer, amelyet tejszírből, tej zsírmentes szárazanyag-tartalmából, édesítőkből és ízesítőkből készítenek. Lehetőség van gyümölcsök, diófélék és más anyagok hozzáadására (Smith & Hui, 2004). Az alapanyagokat pasztörözik, fagyasztják, habosítják, így akár szilárd vagy krémszerű állomány is elérhető (Fenyvessy és mtsai., 2014). A fagylalt, mint kifejezés egy széles fagyasztott termékcsoportot fed le. Idesorolható a tejes és nem tejes fagylalt, a gelato, a sorbet vagy a vizes, esetleg a gyümölcsös fagylaltok is (Clarke, 2012).

Többféle csoportosításuk ismert, például lehet állomány alapján. Ekkor kemény és lágyfagylaltról beszélünk, előbbi a jégkrém, utóbbi pedig a fagylalt (Fenyvessy és mtsai., 2014). Lehetséges a termékre jellemző íz jellege szerinti csoportosítás. Ebben az esetben 3 nagy csoportot különböztetünk meg: nem tartalmaz mesterséges ízesítést; mesterséges és természetes ízesítésű, de a természetes dominál; csak mesterséges ízesítővel vagy természetes és mesterséges ízesítővel is ízesített, de a mesterséges dominál. Akár a meghatározó íz szerint is kategorizálható, ekkor beszélhetünk vanília, gyümölcsös, diófélékre jellemző, kettő vagy több különböző ízű termékekről (Arbuckle, 1986).

Jelentős mennyiségben tartalmaz zsírt, cukrot és fehérjét, melyeknek köszönhetően nagy energiatartalma élelmiszer lesz. A tejnél háromszor-négyszer több zsírt tartalmazhat. Ugyanakkor, a tápanyagértékét növeli, hogy más élelmiszert is tartalmaz, például tojást, gyümölcsöt, dióféléket vagy cukrot. Utóbbi akár a termék összes szárazanyag-tartalmának az 50%-a is lehet (Arbuckle, 1986). A fagylalt jó esszenciális aminosav forrásként is szolgálhat, triptofánt és lizint tartalmaz, melyek a tejből származnak. Nagy mennyiségben tartalmaz kalciumot és foszfort, melyek élettani szerepe a csontok és fogak felépítésében van. Valamint más esszenciális ásványianyagok is fellelhetők benne, többek között a magnézium, cink vagy a nátrium. Mind a zsír- és vízoldható vitaminok jelen vannak a fagylaltban. Zsírolhatókból az A-, D-, E- és K-vitamin is előfordul, a vízoldhatók közül pedig a C- és B-vitaminok vannak jelentősebb mértékben (Clarke, 2012).

2.2. Vegán fagylaltokról általánosan

A következőkben a vegán fagylaltokról ejtenék pár szót. Első körben a vegán étrendet szükséges definiálni. Amelyről akkor beszélünk, ha az adott személy teljes mértékben elhagyta és kerüli az állattermékeket, többek között a húst, tejtermékeket, tojást, de akár a mézet is. Manapság egyre több olyan ember van, aki etikai vagy ökológiai okokból választja ezt az életmódot, ennek oka, hogy a növényi alapú ételek kisebb szénlábnymot hagynak. De sokaknál szempont, hogy az ilyen típusú ételek nem tartalmaznak laktózt, koleszterint. A vegán fagylaltok olyan élelmiszerek, melyekben növényi eredetű alapanyagokat használtak fel, így kiváltva az állati eredetűeket. A tej elhagyása végett alkalmazzák a növényi italok. Ezek gabonafélékből, hüvelyesekből vagy olajos magvakból állítják elő, lebontásra kerülnek, majd extrahálják őket. Készülhet szója-, kókusz- vagy akár mandulatej felhasználásával is (Bekiroglu és mtsai., 2022).

Az elmúlt években egyre nő a kereslet a már említett tejmentes, növényi alapanyagból készült italok iránt, melyek készülhetnek továbbá babból vagy diófélékből. Ezek jó alternatívák lehetnek a laktózérzékenyek, allergiások számára (Atalar és mtsai., 2021). A növényi ital alkalmazásával egy újszerű terméket kapunk végeredményben, valamint tápértékük és egészségjavító hatásuk sem elhanyagolható. Olyan telítetlen zsírokat tartalmaznak, melyek pozitív hatással vannak a szív- és érrendszerre (Ghaderi és mtsai., 2021). A mandulából, földimogyoróból és a szójából készült italok az egyik legelterjedtebb változatok, de egyre több lehetőség érhető már el (Atalar és mtsai., 2021). Ezen italok növényi forrásból, olajból, ízesítő és stabilizátor hozzáadásával készülhetnek. A rizsitalt rizsből és rizskorpából lehet előállítani. Ezen italoknak lesz a legkisebb a fehérjetartalma a többi növényi italhoz képest (Karimidastjerd & Kilic-Akyilmaz, 2021). A szójaital például egy fehérjeoldat, mely zsírt, fehérjét, esszenciális aminosavakat, ásványi anyagokat és vitaminokat is tartalmaz. Alkalmazásával növelhető a termék viszkozitása és konzisztenciája. A szójaitallal ellentétben a szezámtej íze sokkal kellemesebb és kedveltebb, ezért ezen esetben nem szükséges más ízesítőt használni. A szezámfehérje jól hasznosítható a hab, emulzió és gél előállításában. A növényi fehérjék nagyobb molekulák, mint az állati eredetűek, így egy vastagabb réteget tudnak képezni a víz-olaj határfelületen, ami a stabilitás kialakításában előnyös (Ghaderi és mtsai., 2021).

A vegán fagylaltok gyártása során nagy problémát jelent, hogy rossz olvadási és állományi tulajdonsággal rendelkeznek. Problémák merülhetnek fel a fagyasztás-olvadás stabilitásával,

így mellékjelenségek alakulhatnak ki, mint például pelyhesedés vagy olajosodás, ezzel lerontva a termék élvezeti értékét (Hei és mtsai., 2024).

2.3.A fagylaltgyártás során felhasznált alap- és adalékanyagok

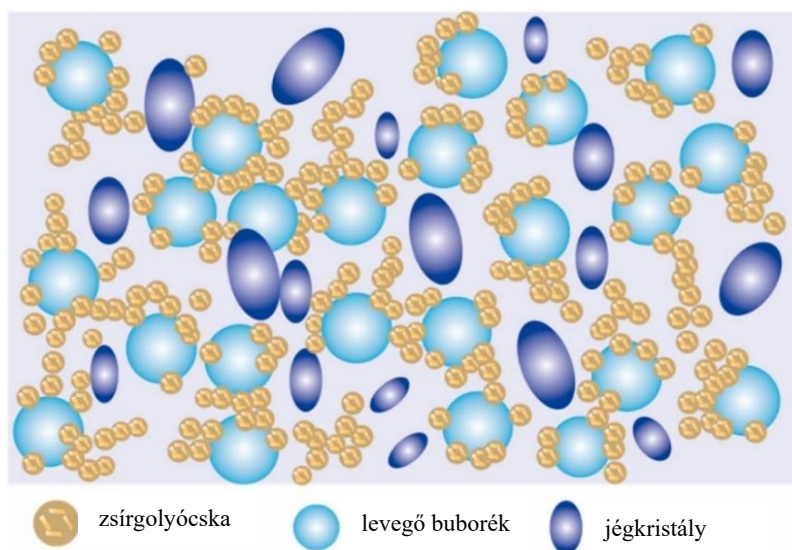
Az alábbi fejezetben a fagylaltgyártás során felhasznált alap- és adalékanyagokat részletezném. A hozzávalók fajtája és mennyisége széles határok között mozog, attól függően, hogy milyen tulajdonságú végterméket szeretnénk kapni (Arbuckle, 1986). Ezenfelül ahhoz, hogy elérjük a kívánt végterméket és a fogyasztói igényeknek is megfeleljen, a hozzávalókat elemezni kell minőség és összetétel szempontjából (Smith & Hui, 2004). A fagylaltkeverékben egyszerre van jelen a valódi oldat, a kolloidoldat és az emulziós állapot. Valódi oldat formájában az oldható tejfehérjék, cukrok, vízdoldható vitaminok és ásványi sók vannak jelen. Kolloidoldatként a kazein és a stabilizálószer, míg emulgeált állapotban pedig a zsír található meg (Fenyvessy és mtsai., 2014).

Az alapanyagok sokszínűségéből adódóan halmazállapotuk eltérő lehet, ezáltal tárolásuk is más-más feltételeket igényel. Egyesek folyékony halmazállapotúak, ami hűtést igényel, a fagyasztott hozzávalókat továbbra is fagyasztott körülmények mellett kell tartani, ezzel szemben a por állományú termékek nem igényelnek különösebb tárolási feltételeket. Nagy figyelmet kell szentelni a megfelelő hőmérséklet betartására, mivel csak így lehetséges visszaszorítani a romlási folyamatokat és kapható megfelelő minőségű késztermék (Smith & Hui, 2004).

A fagylaltban megtalálható zsírok származhatnak vajból, tejszínből vagy lehetnek növényi eredetűek. Jellemzően trigliceridek, ennek okán egy molekula glicerin és három molekula zsírsav észter alkotja. Javarészt tejzsírt alkalmaznak a fagylaltgyártásban, ellenben a vegán fagylaltokkal, ahol növényi zsiradékot alkalmaznak. A tejzsír kis gömböcskék formájában van jelen a tejben, a felületen egy hidrát burok található. Homogenizálással csökkenthető a méret és növelhető a felület (Clarke, 2012). Hozzájárul a gazdag, telt és krémes íz kialakításához és a selymes állományhoz. Az íz kialakításában főképp a trigliceridekben található zsírsavaknak van szerepe, azok közül is inkább a vajsavnak (Goff & Hartel, 2013). A növényi zsiradékok elterjedésében közrejátszott, hogy a II. világháború alatt nem állt rendelkezésre elegendő mennyiségű vaj, ezért egyéb növényi alternatíva után kellett nézniük a fagylalt gyártóknak, valamint az árak is alacsonyabbak voltak. Csakhogy az olvadásuk másabb, mint a már jól ismert tejzsírnak. Jellemzően kókusz vagy pálma olajat használnak, mivel hasonló olvadási

tulajdonsággal rendelkeznek, mint a tejzsír. A kókuszolaj nagy mennyiségben tartalmaz telített zsírsavakat, ez táplálkozás étlettanilag kevésbé előnyös. A pálmaolaj már kevesebb telített zsírsavat tartalmaz, viszont 35°C-on részben szilárd, így a fogyasztás során a szájban egy viaszos érzetet kelthet. Szerepet játszanak abban, hogy stabilizálják a habot, a kívánt krémes állományt biztosítsák, lassíthatják az olvadás mértékét (Clarke, 2012). A fagylalt egy magas zsírtartalmú élelmiszer, amely bizonyos esetekben akár 16% zsírt is tartalmazhat. A fogyasztók körében viszont egyre elterjedtebb az alacsony zsírtartalmú vagy zsírmentes élelmiszerek fogyasztása a tudatosabb táplálkozás végett (Liu és mtsai., 2024). A fagylalt stabil szerkezetének kialakításában azonban nagy szerepet játszanak a zsírmolekulák. A zsírgömbök összeállnak kisebb zsírhálózatokká, melyek közrefogják és ezzel stabilizálják a légbuborékokat. Ezt a folyamatot szemlélteti az 1. ábra is: sárga színnel vannak jelölve a zsírgolyócskák, amelyek a világos kékkel jelölt levegőbuborékokat fogják közre, közöttük pedig a sötét kék színnel jelölt jégkristályok találhatók.

1. ábra: Fagylalt szerkezetének általános vázlata (Forrás: Zhao és mtsai. (2023))



Ebből kifolyólag a fagylalt zsírtartalmának csökkentése nem egy egyszerű feladat, mivel gyorsabb lesz az olvadás sebessége, akár fele annyi idő alatt is elolvadhat a termék. A jegesedés jelensége is megjelenhet, ennek következtében a végtermék állománya nem lesz olyan krémes, több jégkristály alakulhat ki (Y. Zhao és mtsai., 2023). Megoldást jelenthetnek a zsírpótlók alkalmazása, melyek lehetnek lipid-, fehérje- vagy szénhidrát alapúak. Zsírpótlásra jó példa a hidrokolloidok alkalmazása, mint az inulin, a guar gumi, a keményítő vagy a maltodextrin. Többnyire az állati eredetű fehérje keverékek vizsgálatára fektettek nagyobb hangsúlyt az elmúlt években. Ennek oka, hogy az ilyen koncentrátumok lassították az olvadás sebességét, javították az érzékszervi tulajdonságokat, pozitív hatással voltak a viszkozításra. A

fenntarthatóság végett egyre elterjedtebbek már a növényi alapú fehérje alternatívák használata (Liu és mtsai., 2024).

A tej zsírmentes szárazanyag-tartalma a sovány tej szárazanyagait jelenti, a fehérjéket, tejcukrot és az ásványi anyagokat foglalja magába. A fehérjék növelik a viszkozitását a fagyasztás nélküli fázisnak, stabilizálják az emulgeálást, a habképződést és a légbuborékokat, ezzel egy sima textúrát kialakítva. A tejcukor az édesebb ízt adja, valamint csökkenti a többi jelenlévő cukor fagyáspontját. Míg az ásványi anyagok szintén hozzájárulnak a fagyáspont csökkenéséhez (Goff & Hartel, 2013).

Elmondható, hogy a fagylaltban lévő fehérje típusa nagyban hozzájárul, hogy a végtermék milyen minőségi és szerkezeti tulajdonságokkal rendelkezik (Hasan és mtsai., 2023). A tehéntej 80%-át a kazein, 20%-át pedig a savófehérjék teszik ki (Clarke, 2012). Hagyományos esetben a fagylaltban a fehérjeforrást a tejfehérje biztosítja. Számos pozitív tulajdonsággal rendelkeznek, mint például, hogy stabilizálják a zsírcseppeket és a légbuborékokat (W. Chen és mtsai., 2019). Lehetőség van más, növényi alternatíva használatára is, így kiváltva a tejfehérjét és egyben zsírpótlásra is lehet használni őket. Választhatunk szokványosabb, elterjedtebb opciók közül, mint a szója-, a rizs- vagy a borsófehérje. A *szójafehérjét*, amely egy hatékony zsírpótló, segíti a viszkozitást és a habzóképeséget. Sok esetben alkalmazták komplex formában, cellulózzal vagy xantánnal kombinálva, így a zsírtartalom nagyobb mértékben csökkenthető. A kereskedelemben eltérő szemcseméretű keverékeket lehet kapni. A szemcsék mérete befolyásolja a fehérje molekulák aggregációját, ami pedig a diszpergálhatóságra van hatással (Liu és mtsai., 2024). De akár *rizsfehérje* használata is opcionális lehet. A fehérjét az endospermiumból vagy a korpából lehet kinyerni. Rossz vízzoldhatóság jellemzi, ezzel korlátozva a felhasználási lehetőségeit a rizsfehérjének. Viszont fontos makrotápanyagokat tartalmaznak, melyek a csontok, porcok, szövetek felépítésében vesznek részt. Az oldhatóságot, emulgeáló és habképző tulajdonságait a pH, hőmérséklet és a szilárd/folyadék arány is befolyásolhatja. A fehérje denaturálásával növelni lehet a habképző tulajdonságát (Roy és mtsai., 2023). Jobban emészthető és magasabb biológiai értékkel rendelkezik, mint más gabonafélék (Hasan és mtsai., 2023). A *borsó* is jó alternatíva lehet, mivel magas fehérje- és esszenciális aminosav-tartalmú, igen széles körben alkalmazott növényi fehérje. A borsófehérje egyik legjelentősebb tulajdonsága az emulgeáló képessége, melyet a környezeti feltételek (pH, hőmérséklet) és a fehérje szerkezete is nagy mértékben befolyásol (M. Chen és mtsai., 2019). Továbbá olyan funkcionális tulajdonságokkal is rendelkezik, amelyek hozzájárulnak a termék kívánt szerkezetének és állagának kialakításához.

Alkalmazásával az oldhatóság, a víz- és olajmegtartó képesség, habképző és zselésítő tulajdonságok javíthatók (Guler-Akin és mtsai., 2021). Lehetőség van még nem olyan szokványos alternatíva használatára is, ezek közé tartozik a mungóbab- és lóbabfehérjék. A *mungóbabfehérje* újdonságnak számít Európában, ugyanis még csak két éve lett bejegyezve, mint új élelmiszer. A mungóbab szintén magas fehérje- és esszenciális aminosav-tartalommal rendelkezik. Továbbá jó vízfelvevő, emulgeáló és zselésítő tulajdonságokkal bír (Wang és mtsai., 2022). A *lóbabfehérje* igen hasonló tulajdonságokkal (oldhatóság, habosíthatóság) rendelkezik, mint a szójafehérje. Az állati fehérjékhez képest gyengébb az oldhatósága és ez kihatással van az emulgeáló és habosító tulajdonságára (Zhang és mtsai., 2024).

A fagylaltban változatos formában fordulhatnak elő a cukor molekulák, mint például: glükóz, fruktóz, szacharóz vagy laktóz. Ezek legtöbbször egyszerű cukor, szerkezetük változatos, általában glükóz és fruktóz molekulák eltérő kapcsolódásából jönnek létre, de például a laktóz felépítésében a galaktóz vesz részt a glükóz mellett. A glükóz a leggyakrabban előforduló monoszacharid, nagy szerepe van más szénhidrátok felépítésében, mint például a tejcukorében is, melynek édesítőereje kisebb lesz a szacharóznál. A laktóz kis mértékben oldható csak, így jellemző rá a kikristályosodás, ami miatt a fagylalt textúrájában laktózkristályok formájában kristálydarabok jelenhetnek meg. Sokszínű struktúrák eredményeképpen a fizikai, kémiai, érzékszervi tulajdonságaik is eltérőek. A fagylaltban lévő cukor mennyisége befolyásolja a végtermék lágyágát és csökkenti a fagypontra (Clarke, 2012). Viszont növeli a szárazanyag-tartalmat és segít kialakítani a megfelelő állományt és ízt (Fenyvessy és mtsai., 2014). Továbbá édesítés céljából használhatnak még mézet, invertcukrot, barnacukrot vagy juharszirupot is (Goff & Hartel, 2013).

Kisebb mennyiségben alkalmazhatók emulgeáló- és stabilizálószerkezet, melyek az optimális szerkezet kialakításában vesznek részt (Fenyvessy és mtsai., 2014). Az alkalmazott mennyiséget több tényező is befolyásolja, többek között a hőmérséklet, nyomás, tárolás hőmérséklete és időtartama. Általában nagy molekulák, melyek könnyen kapcsolatba lépnek a vízmolekulákkal. Az *emulgeálószerkezet* olyan anyagok, melyek két, általában nem keveredő folyadék stabil szuszpenzióját hozzák létre, javarészt olaj és víz keveréke (Goff & Hartel, 2013). Az emulgeálószerkezet lehetnek mono-, digliceridek, ezek az egyik legelterjedtebbek. Monoglicerid esetén a glicerín egy molekula zsírsav észterével kapcsolódik össze, míg a diglicerid esetén kétféle molekula zsírsav észter van. Növényi zsírok, többek között szója, napraforgó vagy pálmaolaj részleges hidrolizálásával készülnek. Illetve tojássárgáját vagy egész tojást is alkalmazhatnak emulgeálószerként. Összetételét tekintve vizet, fehérjét, lecitint,

más zsiradékot, szénhidrátot és ásványi anyagokat tartalmaz. Bizonyos esetekben nagyobb mennyiségben is hozzáadhatják a termékhez, ezzel segítve a megfelelő állomány kialakítását. Alkalmazásával egy tojásosabb íz alakulhat ki, mindemellett egy sárgásabb színt is ad a terméknek (Clarke, 2012). Emulgálószerként adnak a fagylaltokhoz, hogy így megváltoztassák a zsír kristályosodásának módját, segítsék a homogén, sima állomány kialakulását és így szabályozzák is a keletkező jégkristályok méretét. Az olaj-víz emulziókban jelentős feladatot játszanak, mivel segítik a levegő beépülését a fagylaltba a kifagyasztás során úgy, hogy csökkentik a feszültséget az olaj-víz határfelületen (Nie és mtsai., 2024). Ezenfelül, csökkentik a fagylalt szerkezetének öregedését azzal, hogy gyorsítják a zsírmag képződésének folyamatát. Növelik a fagylalt ellenállóképességét a zsugorodással és a gyors olvadással szemben (Goff & Hartel, 2013).

A *stabilizálószer*eket kis mennyiségben használják a gyártás során, lehetnek vízben oldódó vagy diszpergálható biopolimerek. Nagy molekulák, ebből kifolyólag magas hőmérsékleten duzzadnak, erős géleket tudnak létrehozni. Legtöbb esetben növényi eredetű poliszacharidról van szó, monoszacharidokból épülnek fel, egyenes vagy elágazó láncú polimerek. Polidiszperz rendszerek, mivel képesek megváltoztatni a szerkezetüket a környezeti adottságoknak megfelelően (Clarke, 2012). Fő feladatuk a víz megkötése, így meggátolva a nagyobb méretű kristályok képződését, így egy simább textúrát biztosítva (Fenyvessy és mtsai., 2014). A stabilizátorok olyan összetevők, amelyek növelni képesek a viszkozitást és a stabilitást, javítják az állományt, segítik a stabil hab kialakulását, valamint csökkentik az olvadás sebességét és a tárolás során bekövetkező nedvesség-tartalom kivándorlását (Kot és mtsai., 2021). A fagylalt- és a jégkrémgyártás során is szokták alkalmazni a karragént, cellulózt, szentjánoskenyérmag-lisztet, guar gumit vagy pektint. Állati eredetű stabilizálószer közül a zselatint, míg a mikrobiológiai eredetűek közül a xantánt szokták használni.

A fagylalt- és jégkrémgyártás során egy tipikusan alkalmazott stabilizálószer a szentjánoskenyérmag-liszt (*Ceratonia siliqua*). A szentjánoskenyérmag-liszt rostban gazdag, viszont fehérjében szegény. Részben oldódik hidegvízben, de a teljes hidratációhoz fel kell melegíteni. Az oldhatóság mértékére befolyással van a molekula mérete és a mannóz/galaktóz arány is. Már kis koncentrációban alkalmazva javítja a viszkozitást, stabilizálja az emulziót, illetve egyes élelmiszerekben zsír helyettesítéseként is használhatják. Egyik meghatározó tulajdonsága a szentjánoskenyérmag-lisztnek, hogy forró vízben hidratál, ebből kifolyólag egy viszkózus oldatot lehet kapni, viszont befolyással van rá a koncentráció vagy a részecskeméret is. Más anyagokkal kombinálva szinergetikus hatás érhető el. Példaként szacharóz

hozzáadásával lehetséges a gélképzés is, ha pedig karragénnel vagy xantángumival keverik, akkor a gél szilárdsága is növelhető. Sima, krémes érzetet alakít ki, valamint csökkenti a jégkristályok képződését, mivel jó vízmegkötő képességgel rendelkezik. Számos pozitív hatással van az emberi szervezetre, segít megelőzni a szív- és cukorbetegséget. Igen széles körben alkalmazzák a szentjánoskenyérmag-lisztet, fagylaltgyártás során főként a megfelelő szerkezet elérése és a jég átkristályosodásának csökkentése végett. Viszont előfordulhat nem kívánatos jelenség is, mint például, hogy vízben oldható és nem oldható fázisok szétválhatnak. Ebben az esetben a termék megjelenésére van negatív hatással, ezt egyéb anyagok hozzáadásával lehet javítani (Barak & Mudgil, 2014).

Másik opcionális lehetőség az állomány javítására a mikrobiális transzglutamináz (röviden MTG) enzim alkalmazása. A vele való kezelés egy alternatív megoldás lehet az alacsony zsírtartalmú fagylaltok strukturális tulajdonságainak feljavítására (Al és mtsai., 2020). Képes módosítani a fehérjék tulajdonságait különböző keresztkötési reakciókon keresztül vagy dezamináció során, valamint az aminosavak és a glutamin közötti kovalens kötés kialakulását katalizálja. Az élelmiszerekben előforduló fehérjék között meglévő keresztkötéseket módosítja a MTG, mely hatására változhat a termék oldhatósága, hőstabilitása, gélesedési, emulgeáló és reológiai tulajdonságai. A hőmérséklet emelésével be lehet avatkozni a fehérje-víz rendszerbe, mivel megszakadnak a hidrogénkötések és a fehérjék kölcsönhatásba lépnek egymással (Rossa és mtsai., 2011). Az enzim használata során olyan fehérjepolimerek jönnek létre, amelyek és a zsír funkcionális tulajdonságai között hasonlóságokat lehet felfedezni (Danesh és mtsai., 2017). Főként a textúra, a stabilitás, továbbá a vízmegkötés javítására alkalmazzák (Dube és mtsai., 2007). Mindezek mellett, javítani lehet a fagylalt zsírstabilizációját, mivel a zsírgolyócskák összetapadnak a felületükre kijutott vajolaj miatt, így egy összetartóbb fehérjehálózatot, növelt stabilitású, lágyabb szerkezetű terméket lehet kapni eredményképp (Rossa és mtsai., 2012).

A fagylaltban víz és a levegő mennyisége is fontos szerepet játszik az állomány kialakításában (Arbuckle, 1986). A víz a fagylalt igen nagy hányadát kiteszi, akár 60-70%-a is lehet. Egyes anyagok oldott állapotban vannak benne, míg másoknak diszperziós közege lesz. Fagyasztás során legnagyobb része kifagy (Clarke, 2012). A víz származhat a folyékony tejtermékekből vagy akár pluszban is kerülhet hozzáadásra. A levegőt eloszlatják a gyártás során a víz-zsír molekulák között (Arbuckle, 1986).

Elmondható, hogy nem csak a fagylalt, hanem bármilyen termék esetében igen sokat javít az élvezeti értékén, ha ízesítve van. Az ízesítők terén igen színes palettából lehet választani, a legkedveltebb és a desszert jellegéhez legjobban illeszkedő ízek a csokoládé, vanília, karamell vagy a gyümölcsök, ugyanakkor más természetes ízesítők használata is lehetséges (Fenyvessy és mtsai., 2014). Lehetnek víz- és zsíroldhatók egyaránt. Hozzájárulnak a termékre jellemző íz kialakításához, fokozzák a már meglévő ízt és biztosítják az egyenletes ízt. Lehetnek természetes és mesterséges eredetűek is, utóbbi esetében megkülönböztetünk természetazonos és mesterséges fajtákat. A már korábban említett ízek mellett a különböző diófélékre jellemző ízek (kókusz, pisztácia), a karamell, brownie vagy a levendula is már elérhető. Egyes esetekben a savanykás íz kialakítása céljából hozzáadásra kerülhet citrom vagy almasav.

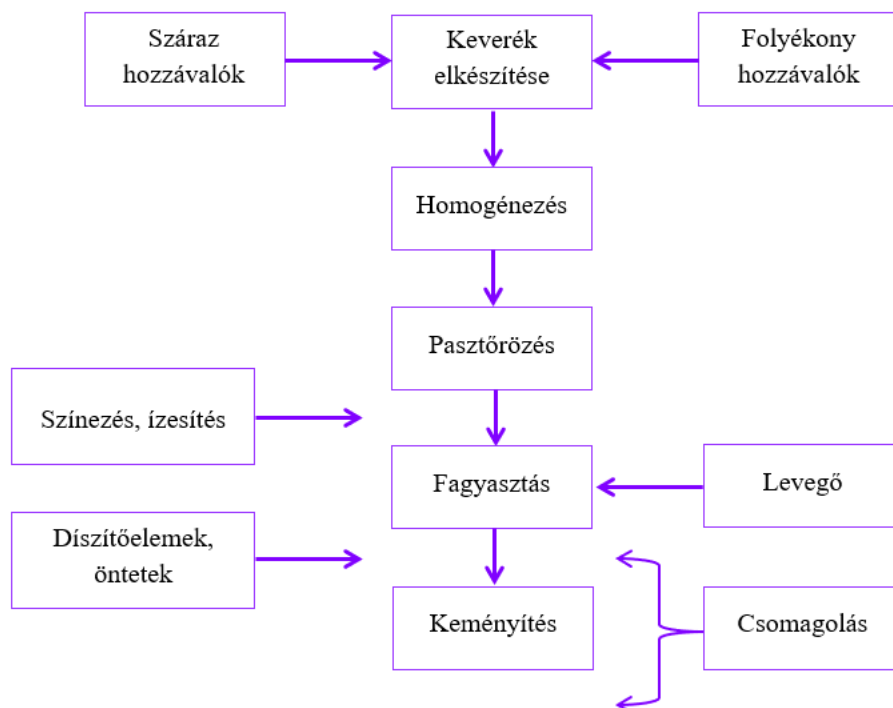
A fagylalt színe szintén nagy hatást gyakorol a fogyasztókra, ugyanis ez alapján már az ízére és akár a minőségére is következtetni lehet. Különbő okok végett alkalmazhatják a színezőanyagokat. Alapvetően azért, hogy megszínezzük a terméket, de többek között a már meglévő szín megerősítésére is szolgál. Szintén használatosak természetes és mesterséges eredetű anyagok. A természetes eredetű színezékeket növényi részekből nyerik ki. Általánosságban róluk egy egészségesebb kép alakult ki a fogyasztókban, ezenfelül oldhatóság tekintetében is jobbak, habár egyesek beszerzési költsége magas lehet, valamint hő- és fényérzékenyek. Ilyen színezőanyag lehet az antocianin, klorofill vagy a kurkumin. Akár a kakaópor alkalmazására is van lehetőség.

Vannak olyan esetek mikor a felsorolt anyagok mellett még egyéb komponensek is kerülnek a fagylaltba, ezzel is növelve a termék értékét. Ezek lehetnek gyümölcs-, csokoládédarabok, diófélék vagy valamilyen sütőipari terméket (kekszdarabok) (Clarke, 2012).

2.4. Fagylaltgyártás lépései az iparban

Az alábbi fejezetben a 2. ábra lépéseit sorra véve részletezem a fagylalt elkészítésnek lépéseit ipari körülmények között.

2. ábra: Fagylaltgyártás lépései ipari körülmények között Clarke (2012) ábrája alapján



A fagylaltgyártás első lépése a *mixek elkészítése*. Az ömlesztett, nagyobb mennyiségben hozzáadásra kerülő alapanyagokat automatikusan adagolják a keverő berendezésbe, míg a kisebb mennyiségű hozzávalókat kimérik, majd manuálisan adják hozzá. Valamint elsőként a folyékony (tej, tejszín) nyersanyagok kerülnek hozzáadásra, majd ezt követően a szárazok (cukor, fehérjepor, állományjavító). A por alapú anyagok adagolása során oda kell figyelni a csomósodás elkerülésére, az egyenletes eloszlásra. Lehetőség van a tank fűtésére, ezzel biztosítva a keverés mellett az alapanyagok megfelelő oldódását. Viszont a magas hőmérséklet hatására egyes alapanyagok kicsapódhatnak. Szintén ebben a lépésben kerülnek hozzáadásra a színezékek és aromák (Clarke, 2012).

Következő lépések a homogenizálás és a pasztörözés lesz, melyek során megváltozik a fagylaltkeverék lebegő szilárd anyagainak fizikai formája. A pasztörözés során megolvadnak a zsírgolyócskák, míg a homogenizálás során lecsökken a molekula átmérője. Az elkészített mix *homogenizálásra* kerül, így biztosítva a stabil szuszpenziót, a megfelelő szemcseméretet, a zsír molekulák méretének csökkentését, amelyek így nem haladják meg a 2 μ m-t. Amennyiben megfelelő mértékben történik meg a homogenizálás, akkor a keverék tetejére nem fog kiülni egy zsírréteg és a késztermék kóstolása közben nem fog kialakulni a szájüregben egy zsíros,

vajas érzés. Általában a mixet egy kis keresztmetszetű résen préselik át megadott nyomás és hőmérséklet mellett. Homogenizálást követően kerül sor a *hőkezelésre*. Melynek legfőbb feladata az életképes mikroorganizmusok számának csökkentése, ezzel biztosítva, hogy a termék emberi fogyasztásra alkalmas. Fontos odafigyelni az alkalmazott pasztörözési hőmérsékletre, ugyanis a túl magas hőmérséklet a fehérjék denaturációjához vezethet, ebből kifolyólag 82°C-nál magasabbra nem tanácsos növelni a hőmérsékletet. Általánosságban körülbelül 30 percen át tartják a fagylaltkeverékeket 80°C-on (Goff & Hartel, 2013).

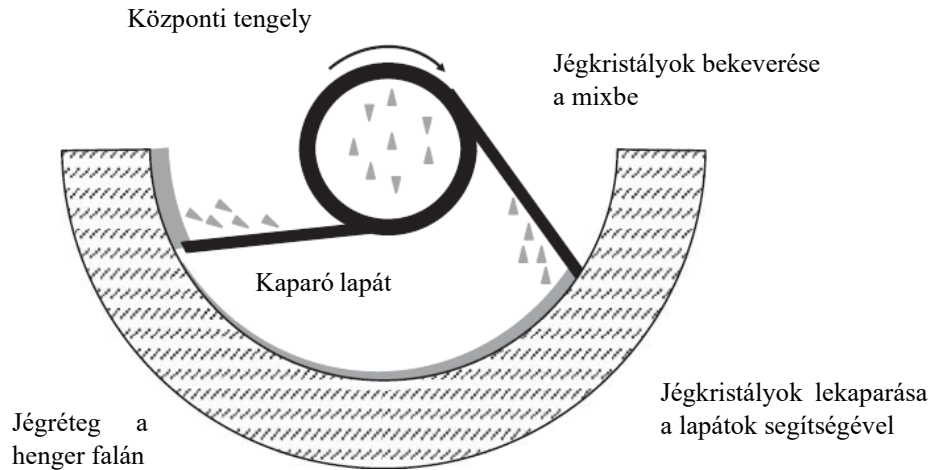
A homogenizálást és pasztörözést követően a mixet visszahűtik 4°C-ra. Ezt követi az érlelés. A mixet átvezetik egy érlelő tartályba, ahol időnként óvatosan átkeverik. Az alacsony hőmérséklet végett a technológia ebben a szakaszában történik a hőérzékeny anyagok hozzáadása is, mint az íz és szín kialakításáért felelős anyagok vagy a gyümölcs darabkák. Az érlelés során fejtik ki a hatásukat az emulgeálószeres is, ugyanis abszorbeálódnak a zsírcseppek határfelületein, ezzel kialakítva egy stabil emulziót. Továbbá megkezdődik a zsírcseppek belső részében a zsír kikristályosodása is. Erre a két jelenségre szükség van, hogy a kifagyasztás során megfelelő mennyiségű levegőbuborék tudjon beépülni a rendszerbe. Az érlelés időtartama termékenként változhat, befolyással vannak rá a felhasznált alapanyagok, legfőképp a zsír. Nagy általánosságban egy éjszakán át tartják a mixet az érlelő tartályban, viszont ez az időszak a három napot is elérheti, de nem haladhatja meg. Az érlelési idő alatt lehetőség van laboratóriumi vizsgálatok elvégzésére a mixből, mint viszkozitás, zsír- vagy szárazanyag-tartalom mérésre (Clarke, 2012).

A fagyasztást megelőzően a keverék bekerül egy tankba, ahol, ha a fagylalt típusa megköveteli, akkor hozzáadásra kerülnek a színező és ízesítő anyagok. Az ízesítő tartály szinte ugyanolyan, mint a keverő tartály, csak annak egy kisebb verziója. A lépés során úgymond további homogenizálás történik, mivel a mixet itt is kevertetik miközben hozzáadásra kerülnek az íz és szín kialakításához szükséges hozzávalók (Smith & Hui, 2004).

Az érlelést követi a fagyasztva habosítás, mely folyamat során fog beépülni a levegő a fagylalt szerkezetébe. A fagyasztás egy összetett műveleti lépés, ugyanis a jégkristályok kialakulása és a légbuborékok beépülése érdekében egyszerre kevertetik, ütögetik, levegőztetik és fagyasztják a mixet. Általában ezt a folyamatot kapart falú hőcserélőben végzik. A fagyasztóberendezés belsejében egy forgó központi tengely található, melyre fel vannak szerelve kaparó lapátok. Ezek a lapátok igen közel helyezkednek el a dob belső falához képest, így a tudják lekaparni a ráfagyott fagylaltot, majd azt belekeverik a mixbe. Ezt a folyamatot szemlélteti a 3. ábra. A

fagyasztás nagyjából -5°C -on történik. A kristályok nagysága és mennyisége függ a hőmérséklettől és a keverő lapátok sebességétől is.

3. ábra: Fagyasztóberendezésben található kaparólapátok működési elve (Forrás: Clarke (2012))



A fagyasztás következő lépése lesz a keményítés, mely során a -5°C -os fagyalt hőmérsékletét tovább csökkentik, hogy meggátolják a romlási folyamat gyors bekövetkezését, valamint jégkristályok és levegőbuborékok méretnövekedését és számuk csökkenését. Továbbá erre a lépésre azért is van még szükség, hogy ha a készterméket esetleg valamilyen bevonattal (például csokoládé, gyümölcs) látják el, akkor az ebben a lépésben kerül rá. A folyamat leggyakrabban keményítőalagútban történik, ez egy zárt kamra, melyben a fagyalt szállítószalag segítségével halad előre, miközben hideg, $-30/-45^{\circ}\text{C}$, levegő áramlik körülötte. A levegő hőmérsékletének csökkentésével, valamint sebességének növelésével csökkenthető a folyamat időtartama. A keményítés időtartamát befolyásolja továbbá az is, hogy a termékben milyen mértékben van jelen víz, valamint a termék kiszerezése is, vagyis, hogy pálcikás, poharas vagy épp doboz kiszerezésről van szó (Clarke, 2012).

Utolsó lépés lesz a késztermék hűtve tárolása, amely -15°C -nál alacsonyabb hőmérsékleten történik. Fontos, hogy a tárolás és a szállítás során is biztosítva legyen az állandó hőmérséklet, ugyanis, ha ingadozik a hőmérséklet, akkor a jégkristályok megolvadhatnak és a vízmolekulák megfagyhatnak. Ezt a folyamatot nevezik átkristályosodásnak, amely során a kisebb jégkristályok egy-egy nagyobb méretű kristállyá fagynak össze (Smith & Hui, 2004).

2.5.Fagyaltok vizsgálati módszerei

Végül, pedig szeretném ismertetni a lehetséges módszereket a fagyaltok különböző tulajdonságainak vizsgálatára. A fagyalt egy komplex rendszer, ebből kifolyólag igen sokféle

tényező befolyásolja a termék tulajdonságait. Fontos vizsgálni a keverék tulajdonságait, ugyanis az ezen mérések során kapott eredmények tudnak utalni, valamint kihatással vannak a késztermék tulajdonságaira. Lehetőség van a mix stabilitásának, sűrűségének, viszkozitásának, pH-értékének, szárazanyag-tartalmának, határfelületi és felületi feszültségének, termofizikai tulajdonságainak vagy fagyáspontjának mérésére (Goff & Hartel, 2013). A reológiai tulajdonságok meghatározásában szerepet játszik a viszkozitás mérése reométer segítségével. Leggyakrabban rotációs reométert alkalmaznak, melynek működési elve, hogy van egy fix, álló és egy forgó része, melyek között helyezkedik el a vizsgálandó minta. Az eredmények alapján megállapítható például a fagylalt reológiai tulajdonságai és a folyásindex. A keverékek szemcseméretét és mikroszerkezetét is lehet vizsgálni, amely során mérni lehet a jégkristályok vagy a levegőbuborékok méreteloszlását. Érdekes még elvégezni mikrobiológiai tesztek is, hogy megbizonyosodjunk róla, hogy a termék nem tartalmaz az egészségre káros mikroorganizmusokat (Clarke, 2012). Továbbá lehetőség van még termofizikai tulajdonságok mérésére, amelyet el lehet végezni differenciális pásztázó kaloriméterrel. Ekkor a mintákat 30°C-ról 50°C-ra hűtik, ezen a hőmérsékleten tartják, majd melegítik. Így meghatározható a kezdeti olvadási hőmérséklet, a látens olvadáshő vagy akár a ki nem fagyasztható víztartalom is (Hidas és mtsai., 2023).

A késztermékkel is elvégezhetőek különböző mérések, mint habosíthatóság, az olvadékonyság, az állománymérés vagy az érzékszervi tulajdonságok vizsgálata. A habosíthatóság a fagyasztva habosítás során beépült levegő mérését jelenti, ekkor egy meghatározott tömeget kell lemérni a fagyasztás előtt és után, majd a tömegkülönbséget kiszámítani (Ghaderi és mtsai., 2021). Az olvadékonyság (overrun) mérésekor egy előre meghatározott tömegű fagylaltmintát rácsos állványra helyezik, alá pedig egy főzőpohár kerül, amelyben gyűlni fog az olvadék. Egy stopper óra segítségével lehet mérni az első cseppig eltelt időt, majd meghatározott időnként a lecsepegett mennyiséget. A kapott eredményekből felvehető egy olvadási görbe (Hidas és mtsai., 2023). Végezhető még állománymérés, penetrációs teszt is. A mérés során szobahőmérsékleten lehet mérni a meghatározott formára fagyasztott termék keménységét például SMS állománymérő készülék segítségével. Továbbá lehetőség van érzékszervi bírálat végzésére, mely történhet leíró jelleggel vagy valamilyen egységes skálán történő pontozással. A pontozásos rendszerben 1-től 9-ig terjedő skálán lehet értékelni a mintákat, ahol az 1 a legrosszabb, a 9 pedig a legjobb. A mintákat véletlenszerűen kódolnak háromjegyű sorszámokkal. Általában a vizsgált paraméterek az íz, szín, illat, állomány és kedveltség szokott lenni (Narala és mtsai., 2022).

3. Alkalmazott anyagok és módszerek

Az elkövetkezendő fejezetben szeretném bemutatni, hogy a dolgozatom keretein belül hogyan kerültek elkészítésre a fagylaltok és milyen módszerekkel lettek lemérve a vizsgálni kívánt tulajdonságok.

3.1. Fagylaltmix elkészítése

A fagylaltkészítés első lépéseként a fagylaltok receptúrái kerültek kidolgozásra, melyek közül az egyik alapreceptúrát tüntettem fel az 1. táblázatban. Négy különböző mintasor készült, melyek minden esetben hat mixet tartalmaztak. Ezek közül ötnél került hozzáadásra növényi fehérjepor (borsó, lóbab, mungóbab, barnarizs, valamint szója), továbbá készítettem egy kontroll mintát is, amely nem tartalmazott növényi fehérjeport. A negyedik (MTG) mintasor esetében hat fagylaltkeverék helyett csak öt darab készült el, ugyanis a készítés során elfogyott a lóbab fehérjepor, így ez a keverék nem került lemérésre.

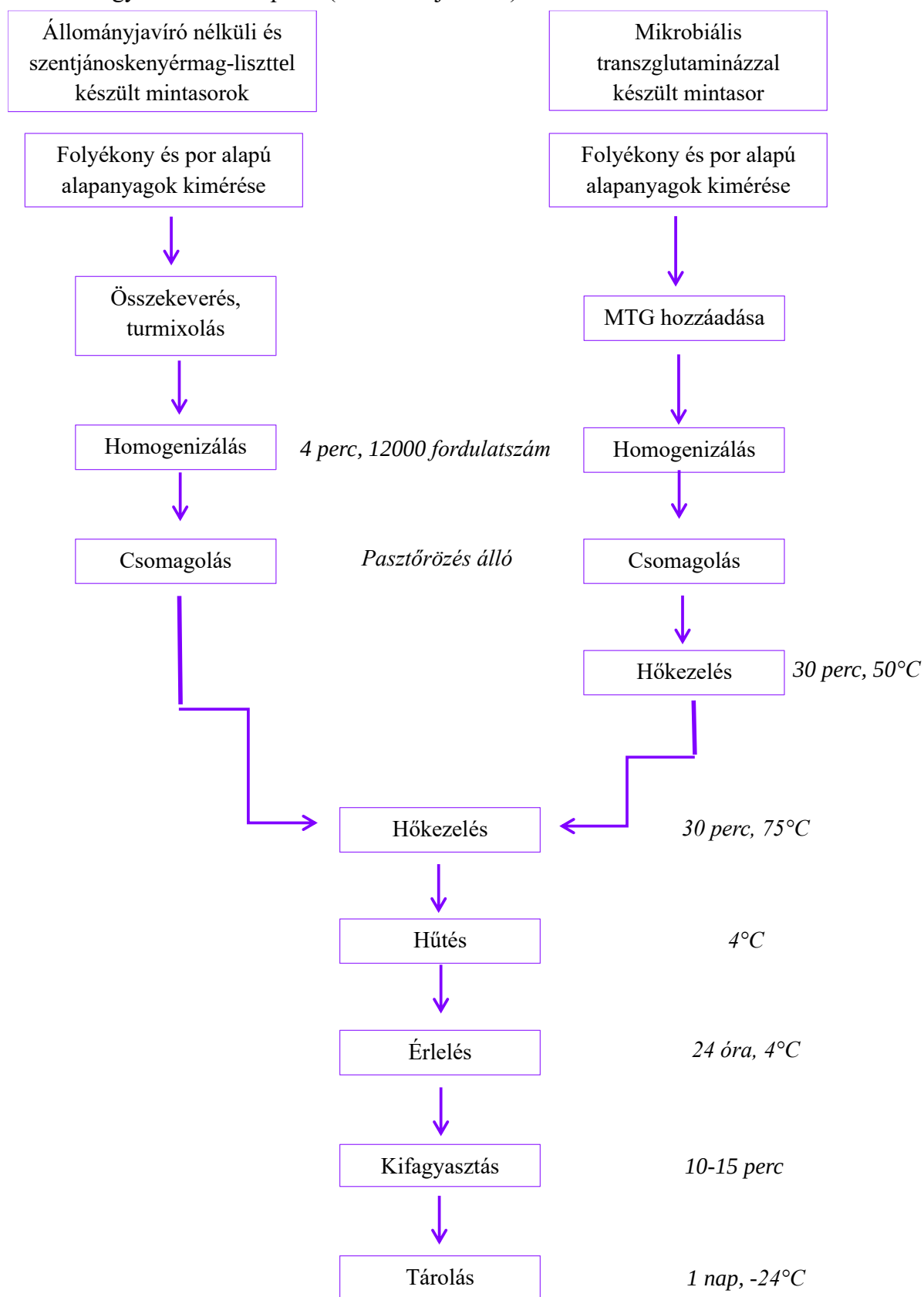
Az első mintasor esetében állományjavító használata nélkül kerültek elkészítésre a mixek. Két mintasor esetén állományjavítóként szentjánoskenyérmag-lisztet adagoltam a keverékekhez eltérő mennyiségekben, így készült egy 0,1 g-ot és egy 0,5 g-ot tartalmazó mintasor. A negyedik mintasornál szentjánoskenyérmag-liszt helyett mikrobiális transzglutamináz (MTG) került hozzáadásra állományjavítás céljából.

1. táblázat: Alapreceptúra 100 g-ra vonatkoztatva (Forrás: Saját szerkesztés)

Hozzávalók	Mennyiség [g/100 g]	Zsír [g]	Szénhidrát [g]	Fehérje [g]
Rizsital	40,0	0,53	5,25	0,00
Kókusztejszín	35,0	7,25	1,66	0,55
Növényi fehérje	6,0	0,32	0,07	5,49
Cukor	12,6	0,00	12,80	0,00
Dextróz	6,4	0,00	6,40	0,00
Állományjavító	0/0,1/0,5	0,00	0,00	0,00

A következőkben részletezném az egyes mintasorok elkészítésének lépéseit, főbb mozzanatait a 4. ábra pontjai alapján.

4. ábra: Fagylalkészítés lépései (Forrás: Saját ábra)



Elsőként a 0,1 és 0,5 g/100 g szentjánoskenyérmag-lisztet tartalmazó mintasorok keverékeit készítettem el, a száraz és folyékony hozzávalók kimérésre kerültek, majd egy keverő (Robot Coupe Mini MP 160VV; Robot Coupe, Montceau-en-Bourgogne, Franciaország) segítségével összeturmixoltam az alapanyagokat. Ezt követően a keverékeket 4 percig 12000-as fordulatszámon IKA Magic Lab (IKA, Staufen, Németország) berendezéssel homogenizáltam, majd hőálló tasakba töltöttem és 30 percre 75°C-os vízfürdőbe tettem hőkezelés céljából. A fél óra letelte után a pasztőrözött mixek gyorsan lehűtésre kerültek 4°C-ra, majd egy éjszakára hűtőkamrába helyeztem őket. Másnap az érlelés után fagylalkészítő gép (Telme CRM GEL 5; Telme, Codogno, Olaszország) segítségével kifagyasztottam a mintákat. A kifagyasztást követően a mérésekhez szükséges, eltérő formákba töltöttem a fagylaltokat, majd -24°C-on tároltam őket. Az állományjavító nélküli minták elkészítése során ugyanezeket a lépéseket ismételt meg.

A mikrobiális transzglutaminázt tartalmazó mintasor elkészítése hasonlóan történt, mint a szentjánoskenyérmag-liszttel készült mintasoroké. Ebben az esetben viszont a homogenizálást és tasakolást követően a mixeket először 30 percen át 50°C-os vízfürdőbe helyeztem, így biztosítva az optimális hőmérsékletet az enzim működéséhez. Ezt követően a lépések megegyeznek a már korábban említettekkel.

3.2.Szín-, pH- és szárazanyag-tartalom mérés

A *színmérés* során minden fagylaltmixnél 5 párhuzamos mérést végeztem a Minolta Chroma Meter-400 felületi színmérő készülék (Konica Minolta Sensing Europe B.V., Nieuwegein, Hollandia) segítségével. A *pH-mérés* esetén 3 párhuzamos mérésre került sor a Testo 206 típusú kézi, digitális pH-mérő készülékkel (Testo AG., Titisee-Neustadt, Németország). A fagylaltkeverékek *szárazanyag-tartalmának mérésekor* a 3 párhuzamost 105°C-on tömegállandóságig szárítottam.

5. ábra: Szín-, pH- és szárazanyag-tartalom mérés során vizsgált fagylaltmixek (Forrás: Saját kép)



3.3.Habosíthatóság (overrun) mérés

Az overrun, vagyis a fagylaltok habosíthatóságának mérése során, azt vizsgálják, hogy milyen mértékben képes beépülni a levegő a mixbe a kifagyasztás során. A vizsgálathoz meg kell mérni a fagylalt mix tömegét, majd a kifagyasztást követően szintúgy meg kell ismételni a mérést. Ezen két értékből pedig számolható lesz az overrun (Ghaderi és mtsai., 2021).

1. egyenlet: Kifagyasztás során bekövetkezett térfogatnövekedés mértékének számítása

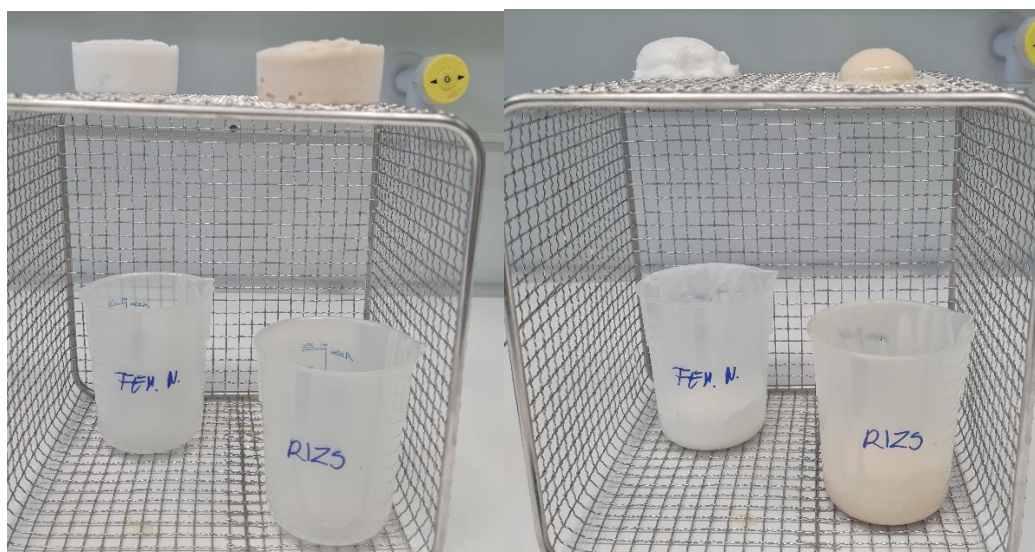
$$\frac{\text{kifagyasztás előtti tömeg-kifagyasztás utáni tömeg}}{\text{kifagyasztás utáni tömeg}} * 100$$

A habosíthatóság vizsgálata során a kifagyasztás előtt a fagylaltmixből, valamint utána a fagylaltból is kivételre, majd le mérésre került egy meghatározott mennyiség, melyeknek kiszámítottam a tömegkülönbségét százalékban.

3.4.Olvadékonyság mérés

A fagylaltok olvadékonyságának méréséhez a kifagyasztást követően 50 g mintát mértem ki, majd egyforma gombóc formában fagyasztottam le őket, melyek magassága 20 mm volt, az átmérő pedig 56 mm. Másnap szobahőmérsékleten (23°C) végeztem a méréseket a -18°C-ra lehűtött mintákkal. Egy rozsdamentes rácsos állványra helyeztem a gombócokat, az állvány alá egy főzőpoharat tettem, amelybe gyűjtöttem az olvadék mennyiséget. Mértem az első cseppig eltelt időt, az első cseppet követően pedig 5 percenként mértem a lecsepegett mennyiség tömegét. A csepegési veszteséget százalékban az idő függvényében ábrázoltam.

6. ábra: Olvadékonyság mérés (Forrás: Saját képek)



3.5. Állománymérés

7. ábra: SMS TA.XT Plus állománymérő készülék

(Forrás: Saját kép)



Az SMS TA.XT Plus állománymérő készülék (Stable Micro Systems, Anglia) segítségével mértem a fagylaltok állományát, vághatóságának mértékét szobahőmérsékleten (23°C). Első lépésként egyforma 9 cm hosszú, 2 cm széles és 2 cm magas szilikon rúd formába töltöttem a kifagyasztott fagylaltot, majd lefagyasztottam -18°C-ra. A fagyasztóból a minták egyesével, közvetlenül a vizsgálat előtt vettem ki. A mérés során a Warner-Bratzler Blade feltétet használva 30 mm mélyen 2 mm/perc sebességgel teljes mértékben átvágásra kerültek a fagylalt rudak, ezt 12 alkalommal ismételt meg minden minta esetén. Az állománymérés során kapott eredményeket az Exponent szoftver segítségével rögzíti a számítógép. A mérés során a mért adatokból diagramot vesz fel a program, amelyen a fagylaltrúd keménységét az idő függvényében ábrázolja a rendszer, a görbe alatti területből pedig számolhatók a minták átvágásához szükséges munka. A mért és számított értékeket ANOVA segítségével hasonlítottam össze az IBM SPSS Statistic programmal. Vizsgáltam, hogy az egyes minták (fehérje típusok) között figyelhető-e meg különbség. Valamint, hogy a különböző állományjavítókkal készült mintasorok között van-e eltérés és, hogy az állományjavító mérhető mértékben befolyásolja-e a keverékeket. Az eredményeket egy diagramon összesítettem, amelyen a minták közötti különbségeket betűkkel jelöltem. Amennyiben megegyeznek a betűk a minták felett, akkor nincs közöttük szignifikáns különbség.

3.6. Érzékszervi bírálat

Az érzékszervi bírálat során a fagylaltok ízének, illatának, állományának és színének kedveltségét vizsgáltam. A bírálatban 5 fő vett részt, akik egy leíró jellegű értékelést adtak a fagylaltokról. A kóstolás során mindig egy kiválasztott növényi fehérjével készült fagylaltot kóstoltak a bírálók. Egyszerre négy fagylaltot hasonlítottak össze és nézték, hogy felfedezhető-e az érzékszervi tulajdonságok terén valamilyen különbség az eltérő állományjavítók miatt. Erre azért volt szükség, mivel az általam készített fagylalt még csak egy félkész termék, amely további fejlesztésre szorul. Így az érzékszervi bírálat alapján ki tudjuk választani, hogy a kóstolók véleménye szerint melyik minták lennének a legalkalmasabbak a további fejlesztésekre.

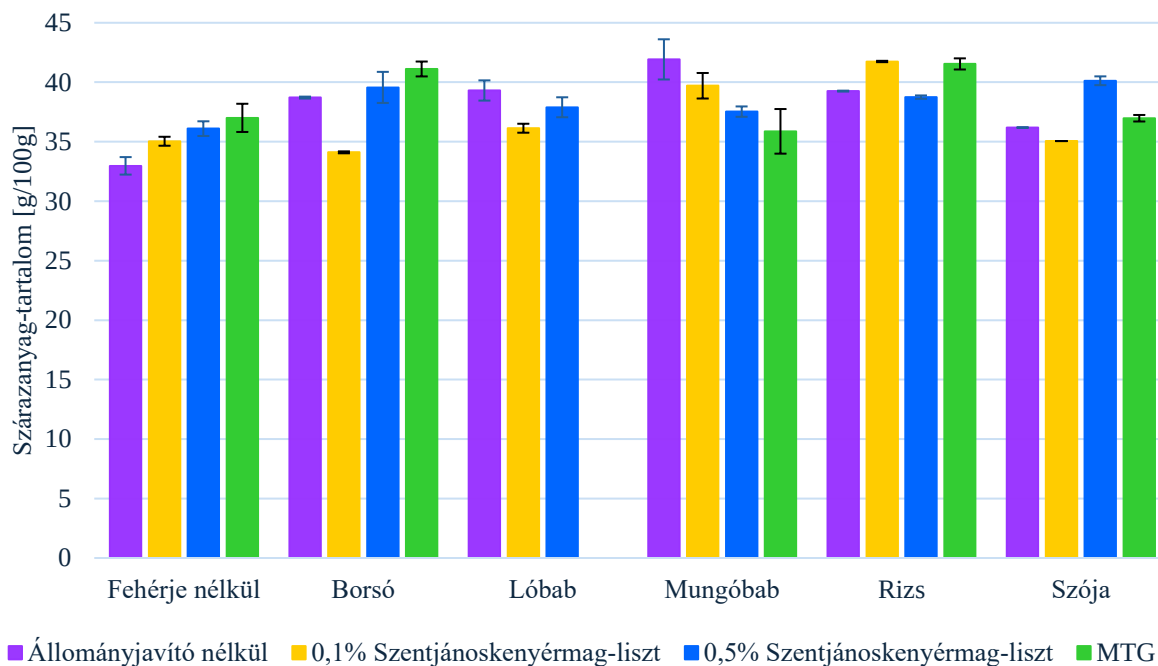
4. Eredmények és értékelésük

4.1. Szárazanyag-tartalom, szín- és pH-mérés

A következőkben röviden bemutatnám a szárazanyag-tartalom, a szín- és a pH-mérés során kapott eredményeimet.

4.1.1. Szárazanyag-tartalom mérés

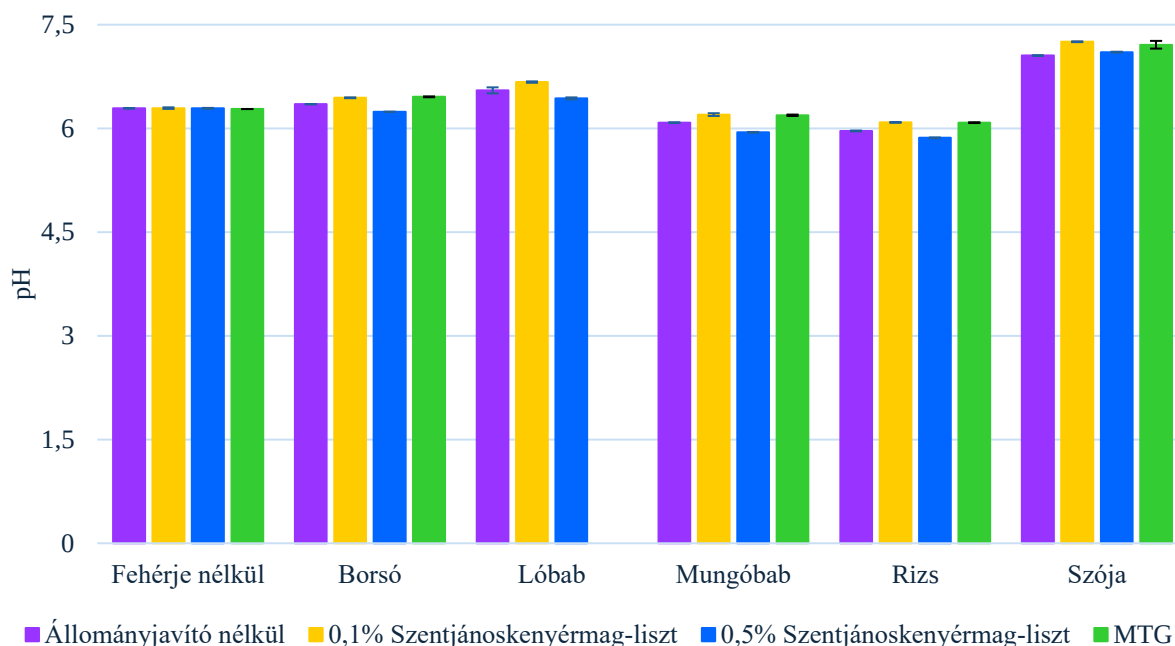
8. ábra: Szárazanyag-tartalom mérése során kapott eredmények



Az elkészített fagylaltkeverékek szárazanyag-tartalma 32 g/100 g és 43,1 g/100 g között változott, melyet a 8. ábra is szemléltet. A széles tartomány oka, hogy a növényi fehérjét nem tartalmazó minták esetén jellemzően 32-36 g/100 g között változott, míg a fehérjéket tartalmazó keverékek esetén már 40 g/100 g feletti érték is előfordult. Elmondható, hogy az alkalmazott állományjavítók nem voltak hatással a mért eredményekre. A szárazanyag-tartalom mérés célja volt, hogy végezzünk egy önellenőrzést. Ugyanis a receptúrák megírása során arra törekedtem, hogy minden minta egy egységes összes szárazanyag-tartalom értékkel rendelkezzen. Ez az érték, attól függően, hogy a minta tartalmazott-e fehérjét vagy sem, 30-40 g/100 g közötti kategóriába essen. A kapott és előre meghatározott szélesebb tartomány oka, hogy az egyes fehérjeporok, a felhasznált alapanyagok más-más nedvesség-tartalmúak voltak. Ebből kifolyólag ezek értékei is befolyással voltak a termék szárazanyag-tartalmára.

4.1.2.pH-mérés

9. ábra: pH-mérés során kapott eredmények



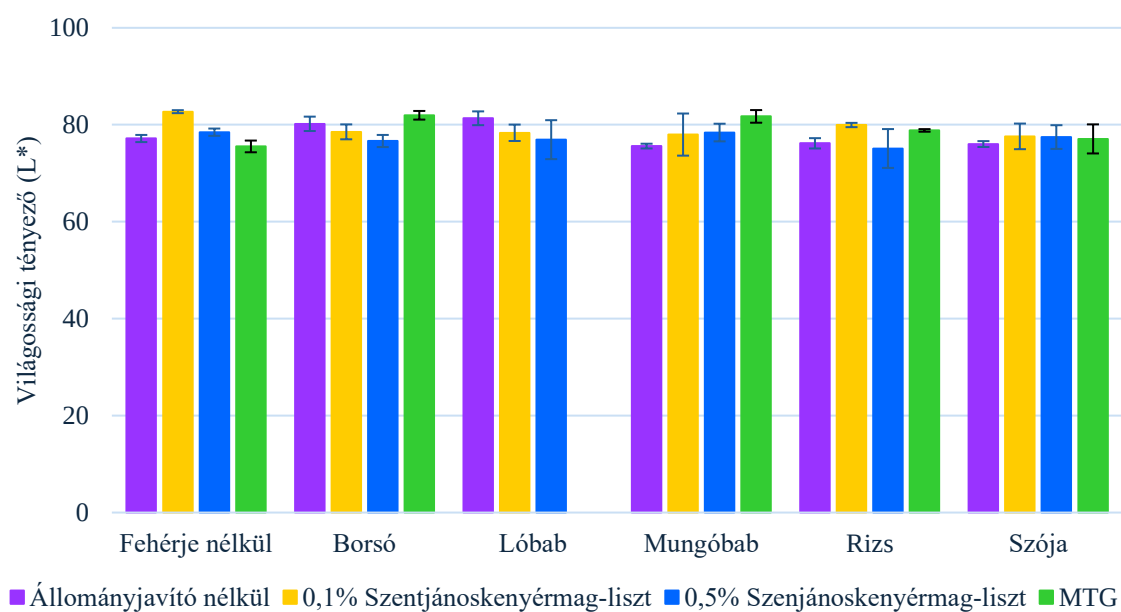
A pH-mérés során kapott eredményekből elmondható, hogy a szentjánoskenyérmag-liszt hozzáadása, illetve kihagyása, valamint a mikrobiális transzglutamináz alkalmazása nem befolyásolta a pH-értéket, ellenben a hozzáadott növényi fehérjékkel. Többségében a minták pH-értékei 6 körüli tartományban mozogtak, ezt jól szemlélteti a 9. ábra is. Míg a szójafehérje esetében ennél egy kicsivel nagyobb értéket mértem minden mintasornál, egyes esetekben a 7,5-höz közeli eredményt kaptam. A borsófehérjét tartalmazó mixek esetén 6,3 volt, a lóbab minták pH-értéke 6,5, a mungóbab minták pH-ja 6, a rizs mintáknál 5,9, valamint a növényi fehérjét nem tartalmazó minták értéke 6,2 volt. Eredményeimet összehasonlítottam több különböző kutatás eredményeivel is, mint Hidas és mtsai. (2023) vagy Nooshkam és mtsai. (2023) méréseivel. Mindkét esetben 6,3-6,5 körüli értékeket mértek, mely nagy átlagban az én eredményeimmel is megegyezik.

4.1.3. Színmérés

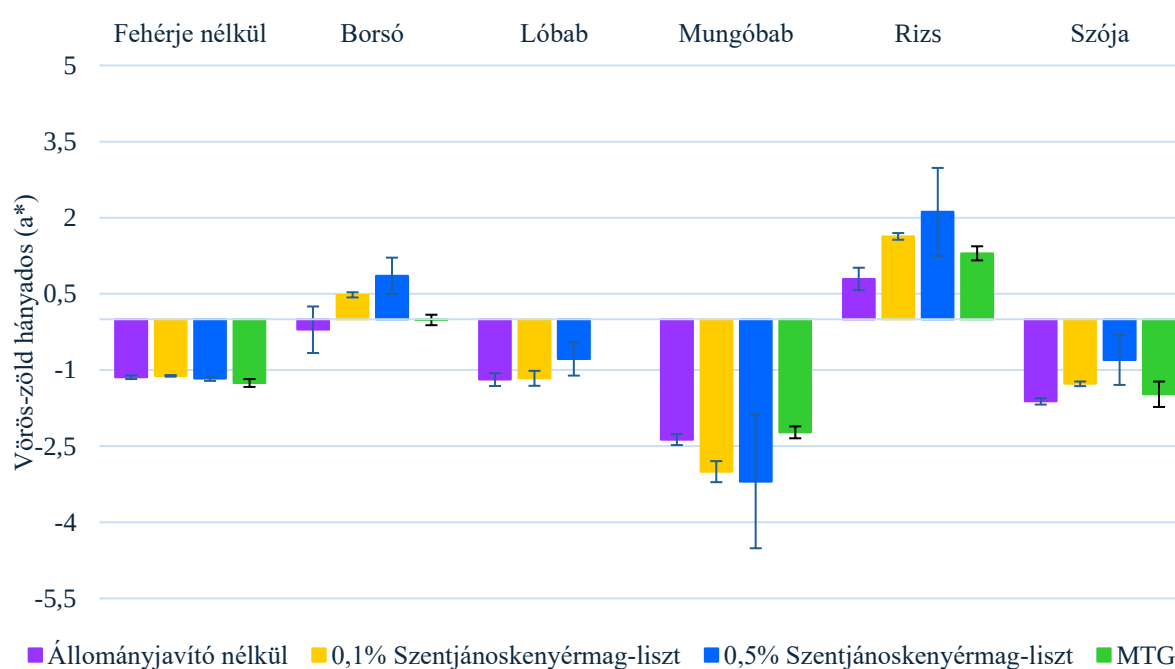
10. ábra: Színméréshez használt fagyaltmix minták balról jobbra haladva: rizs, szója, borsó, mungóbab, lóbab és fehérje nélküli keverékek (Forrás: Saját kép)



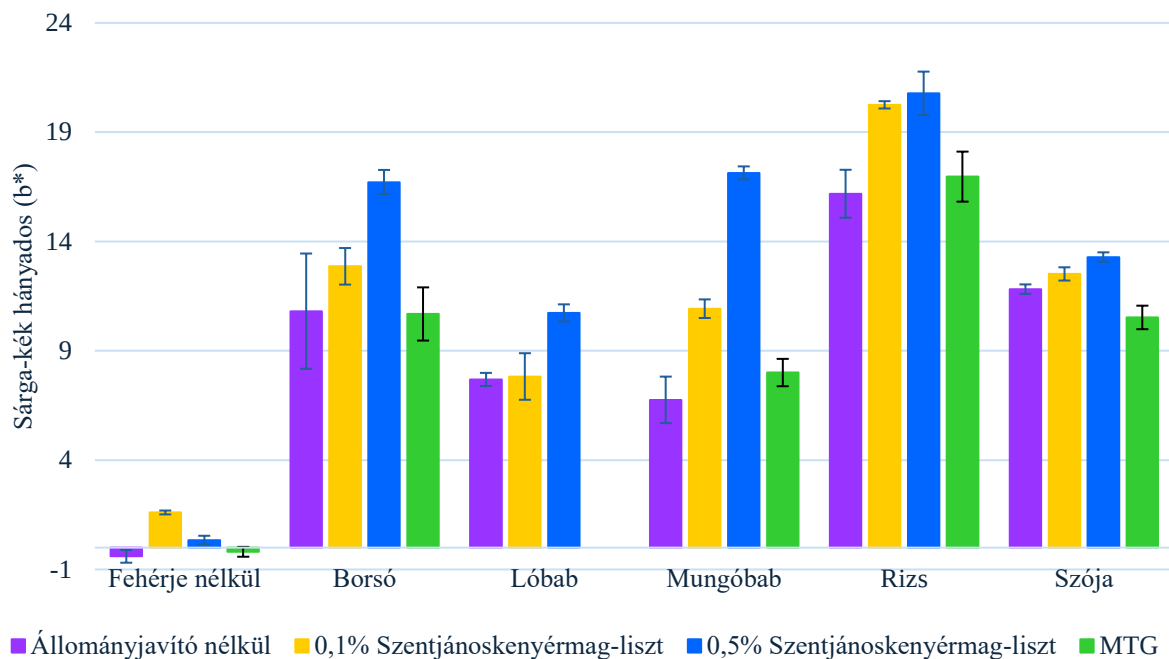
11. ábra: Világossági tényező (L^*) mérése során kapott eredmények



12. ábra: Vörös-zöld hányados (a^*) mérése során kapott eredmények



13. ábra: Sárga-kék hányados (b^*) mérése során kapott eredmények



A színmérést követően megállapítható, hogy a vártak megfelelően változatos eredmények mutatkoztak. Ennek oka, hogy a fagyaltok árnyalatát az alkalmazott növényi fehérje nagy mértékben befolyásolta. Jellemzően egy sárgás, természetes árnyalat jellemezte a mintákat, viszont a fehérjét nem tartalmazó keverékeket erős fehér szín jellemezte, ami a felhasznált rizsitalnak és kókusztejszínnek köszönhető. A borsó- és rizsfhérjés minták bizonyultak a legsárgábbnak, sötétebbnek. Ezt igen jól szemlélteti a 12. ábra, amiről leolvasható, hogy a borsó- és rizsfhérjéket tartalmazó minták pozitív, míg a többi keverék negatív értéket vett fel. A szója-, a mungóbab- és a lóbabfehérjék adagolása miatt csak egy enyhébb zöldes-barnás árnyalat, föld szín volt látható. A fehérje nélküli keverékek színe pedig fehér volt, ez a legjobban a 13. ábrán figyelhető meg, ugyanis a fehérje nélküli minták értékei a nulla körül mozogtak. Az esetek nagy többségében elmondható, hogy az állományjavítót nem tartalmazó keverékeknél mértem a legalacsonyabb értékeket, ebből arra lehet következtetni, hogy az állományjavító felerősítette a növényi fehérje okozta színt. A szentjánoskenyérmag-liszttel készült mixek között nem állapítható meg nagy különbség, hasonlóan magas értékeket mértem a vörös-zöld, valamint a sárga-kék hányadost tekintve. A mikrobiális transzglutaminázt tartalmazó mintasorról megállapítható, hogy a világossági tényezőt megnézve az értékek több esetben is magasabbak voltak, mint a szentjánoskenyérmag-lisztet tartalmazók, valamint a többi mintasorhoz képest is világosabbnak bizonyultak ezek a keverékek. Viszont az a^* és b^* értékei már alacsonyabbak lettek az MTG-t alkalmazva.

Az alábbiakban szeretném részletezni a habosíthatóság vizsgálata során kapott eredményeimet.

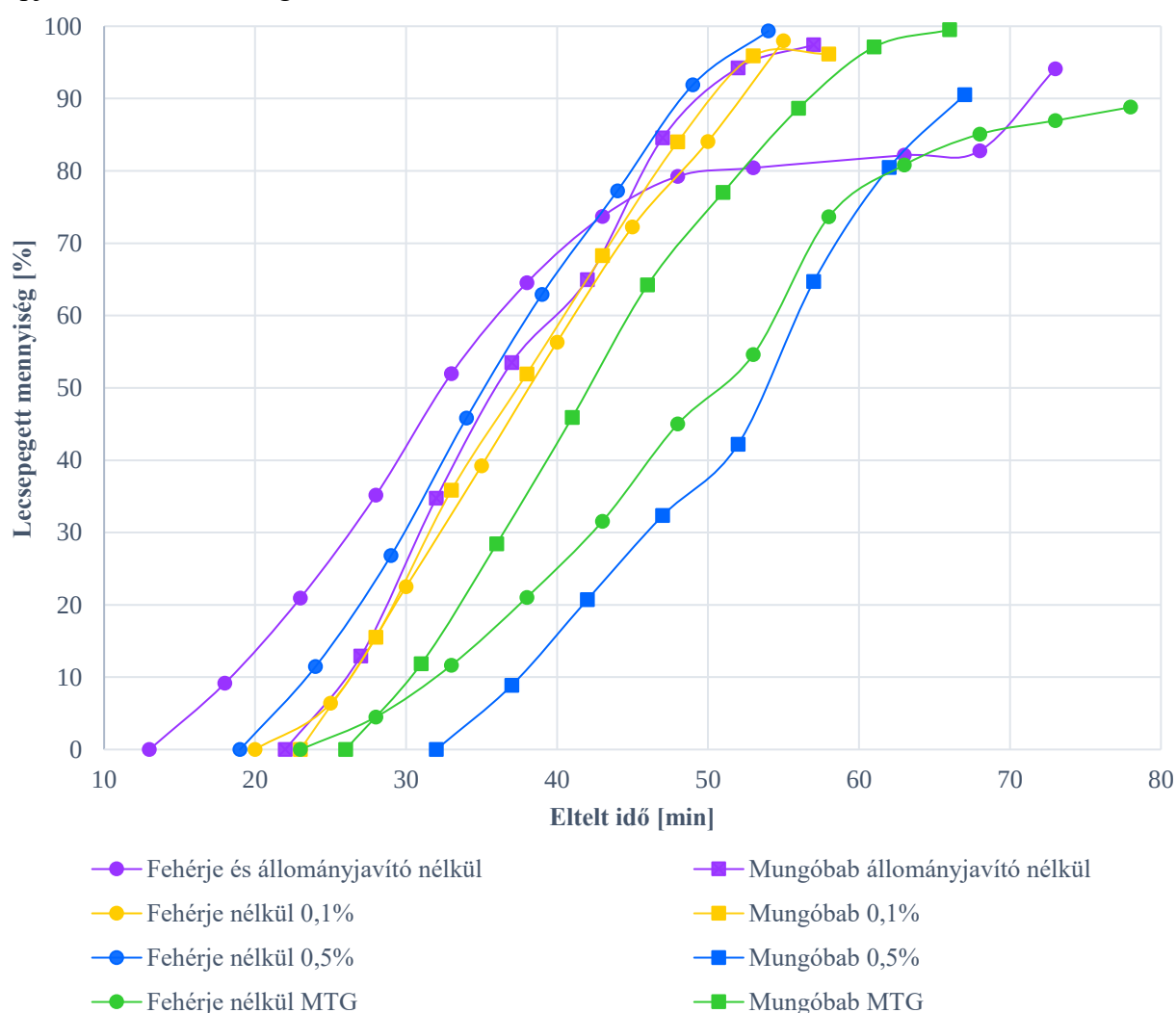
Fajta	Állományjavító nélkül [%]	0,1% Szentjánoskenyérmag-liszt [%]	MTG [%]
Fehérje nélkül	20%	11.5%	25.5%
Borsó	18%	12.5%	15.5%
Lóbab	15%	14.5%	-
Mungóbab	29%	18.5%	18.5%
Rizs	35%	10%	25.5%
Szója	21.5%	12.5%	12%

A mérések eredményei alapján megállapítható, hogy a növényi fehérjék nagy hatással voltak a levegő beépülésére a kifagyasztás során. Az állományjavító alkalmazása pedig még tovább csökkentette a habosítás mértékét az esetek nagy részében. Ebből következik, hogy a 0,5% szentjánoskenyérmag-liszttel készült fagylaltok mérése során egy meglepő eredményt tapasztaltam. A mintasor összes keverékére igaz volt, hogy a kifagyasztás során a levegő beépülése nagyon minimális volt. Ez nagyon meglepett, mivel a fagylaltok nyúltak, ragacos állományúak lettek. A 14. ábrán jól látható, hogy az állományjavító nélküli minták közül a rizs-, valamint a mungóbabfehérje keverékekbe épült be a legnagyobb arányban levegő, a rizsnél majdnem 36%-kal több levegő épült be a fagylaltmix tömegéhez képest. Azonban a 0,1% szentjánoskenyérmag-liszttel tartalmazó rizsfehérje fagylalt habosíthatósága drasztikusan lecsökkent, a legkisebb értéket mutatta. A többi fehérje esetén nem volt észlelhető ilyen nagy mértékű eltérés a két keverék között, de úgyszintén megfigyelhető az a tendencia, hogy a szentjánoskenyérmag-liszttel tartalmazó minták térfogat növekedése rosszabb volt. A mikrobiális transzglutamináz alkalmazásakor már nem állapítható meg egy egységes tendencia. Mivel a mungóbab- és a szójafehérjét tartalmazó fagylaltoknál szinte ugyanolyan mértékű térfogat növekedést sikerült elérni, mint amikor szentjánoskenyérmag-liszttel alkalmaztam állományjavító gyanánt. Ellenben a többi keverék esetében, amikor is az értékek az állományjavító nélküli értékeket közelítették meg. A habosíthatóság tekintetében nem a 0,1

g/100 g szentjánoskenyér-mag-liszttel készült mintasor eredményei voltak a legjobbak, hanem az állományjavító nélküli mintasoré. Azon belül is a rizs- és a mungóbabfehérje kifagyasztása során épült be a legnagyobb mennyiségű levegő. De a mikrobiális transzglutamináz enzim felhasználásával készített fagyaltmixek közül a fehérje nélküli és a rizsfehérje is jó eredményt produkált. Összességében a rizsfehérje bizonyult a legoptimálisabbnak, mivel a vizsgált három mintasorból két esetben is igen magas értékeket lehetett mérni.

4.3. Olvadékonyság mérés

15. ábra: A fehérje nélküli és a mungóbab olvadékonyságának mérése során kapott eredmények alapján felvett olvadási görbék



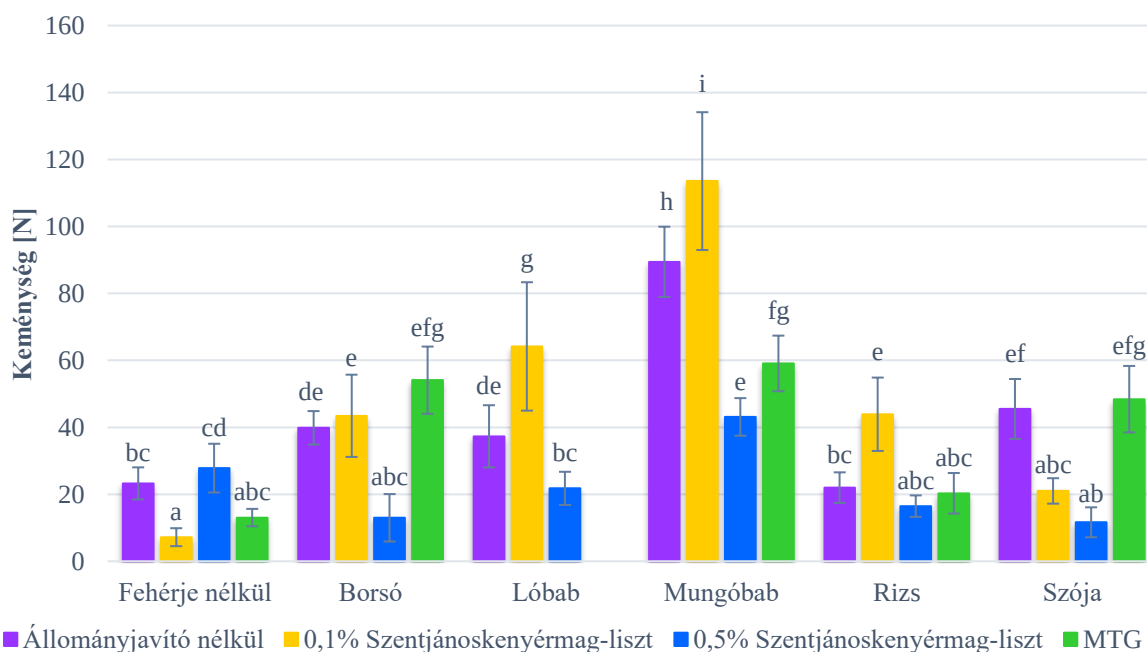
A 15. ábrán a fehérje nélküli és a mungóbabfehérjét tartalmazó keverékek olvadási görbéit ábrázoltam, mivel a minták mérése során igen hasonló lefutású görbéket kaptam. Az alábbiakban pedig ismertetném az olvadékonysági mérésekből származó adatokat. A fagyaltkeverékek olvadékonyságát az alkalmazott növényi fehérjén kívül a

szentjánoskenyérmag-liszt mennyisége is nagyban befolyásolta. Elmondható, hogy az állományjavító nélküli mixek közül pár (lóbab, borsó, fehérje nélküli) már 10 perc eltelte után elkezdett olvadni, de a többi minta első cseppjének leesése sem tartott tovább, mint 25 perc. A teljes fagylalt gombóc elolvadása átlagban 50-55 percet vett igénybe, kivétel a növényi fehérje nélküli minta esetén, amely olvadása az 50. perctől lelassult és így kicsivel több időt igényelt. A 0,1% szentjánoskenyérmag-lisztet tartalmazó fagylaltok olvadása már valamivel több időt vett igénybe, meghaladta a 30 percet is az első csepp lecseppenése. Ezek a minták közül a rizsfehérjével készült fagylalt esetén volt egy kiugró jelenség, ugyanis kb. 40 percre volt szükség az első csepphez. Továbbá nem szokványos módon, cseppenként olvadt a minta, hanem nagyobb mennyiségben esett le. A még nagyobb mennyiségű állományjavítót tartalmazó fagylaltok esetén az első csepphez szükséges idő még szélesebb tartományban mozgott, valamint a vártak megfelelően több időbe telt a teljes tömeg elolvadása is. A szójafehérjés minta esetében a 0,5%-ban alkalmazott állományjavító és a fehérje kombinációja olyan mértékben összefogta a fagylalt állományát, hogy 2 óra elteltével sem kezdett el olvadni a minta. Abban az esetben, amikor a mikrobiális transzglutamináz lett hozzáadva a mintasorhoz, akkor a fagylaltok olvadása során az első csepp lecseppenéséhez szükséges idő hasonlóan 20-25 perc volt. Ennél a mintasornál megfigyelhető volt, hogy az idő előrehaladtával egyre kisebb volt a lecsepegett mennyiség mértéke, így több időt vett igénybe az olvadás. A mintasorok közül ezeknél a mintáknál volt szükség a legtöbb időre, hogy elolvadjanak a gombócok. A fehérje nélküli minták összehasonlításánál figyelhető meg, hogy a mikrobiális transzglutaminázzal készült fagylalt görbájének teteje egyre laposabb lesz. Csökkent a meredeksége, mivel csökkent a lecsepegett mennyiség, ellenben a szentjánoskenyérmag-liszttel készült mintasorokkal, ahol közel azonos mértékben olvadt a gombóc, így egy majdnem egyenes görbét kaptunk. Összességében elmondható, hogy 88-99% között változott a lecsepegett mennyiség, a legtöbb esetben 95-99% volt megfigyelhető. Valamint az állományjavító mennyiségének növelésével a fagylaltok a vártak megfelelően lassabban olvadtak.

4.4. Állománymérés

Ebben az alfejezetben szeretném bemutatni először az állományvizsgálat során gyűjtött keménység értékeket. A következő részben pedig kitérek a fagylaltrúd átvágásához szükséges munka mérésének eredményeire.

16. ábra: Állomány mérése során kapott fagylaltminták keménységének értékei

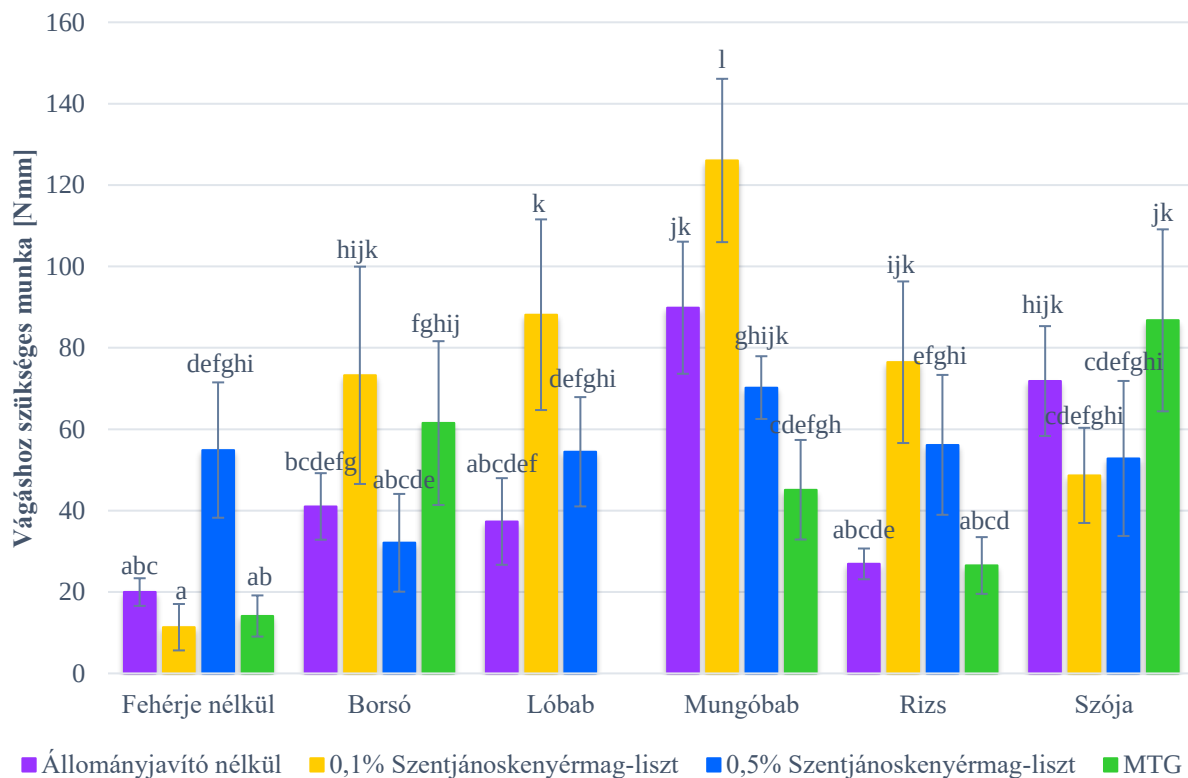


Az előzetes várakozásokkal ellentétben az állományjavító nélküli minták nem minden esetben lettek a legpuhábbak, ugyanis a 0,5% szentjánoskenyérmag-liszttel készült mintásor eredményei gyengébbnek bizonyultak. A mérés alapján megállapítható, hogy a növényi fehérje és a szentjánoskenyérmag-liszt aránya a 0,1%-os keverékek esetén bizonyultak a legoptimálisabbnak ebben a kísérletben, ugyanis ezek a minták voltak a legkeményebbek az esetek többségében. Mindazonáltal, fontos megjegyezni, hogy ez a kijelentés csak a minták egy nagyobb részére vonatkozik, ugyanis ebben a mintasorban lévő mungóbab fagylalt már nagyon keménynek bizonyult, míg a fehérje nélküli keverék pedig túlságosan lágy lett. Ezenfelül a mikrobiális transzglutamináz alkalmazása is egy lehetséges opció lehet a kapott eredmények alapján. Ezt a tendenciát majdnem minden esetben igazolja a 17. ábra is, melyen egy szelet minta átvágásához szükséges erőt ábrázoltam. Itt is jól látszik, hogy a legtöbb esetben a 0,1 g állományjavítót tartalmazó fagylaltok átvágásához kellett a legtöbb erő. Viszont a másik három mintasor nem igazán különbözött egymástól, a párhuzamosan mért eredmények többé-kevésbé átfedésben vannak. A vártak megfelelően a fehérje nélküli minták lettek a legpuhábbak, viszont a nagyobb mennyiségű állományjavító már növelte a keménységet ebben

az esetben is. Meglepő módon az állományjavító nélküli mintasor hasonló értéket vett fel, mint a 0,1% szentjánoskenyérmag-lisztet tartalmazó mintasor. A mungóbab eredményei voltak a legmagasabbak, az átlagnál majdnem kétszer nagyobb értéket mutattak. A fagylaltok a szentjánoskenyérmag-liszt adagolása hatására először keményebbek, majd nyúlósabbak lettek. Ezt szemlélteti az is, hogy a 0,1% szentjánoskenyérmag-lisztet tartalmazó mintasor eredményei jobbak lettek, mint az állományjavító nélkülié, azonban a 0,5 g/100 g szentjánoskenyérmag-liszt már rontott fagylaltok keménység értékein. A túl sok állományjavító inkább gumisabbá változtatja a mintákat, mint keménnyé, így a 0,5% már soknak bizonyult egyes fehérjéknél. Ebből következhet, hogy hasonló, vagy akár rosszabb értékeket mértem a vizsgálat során, mint amikor az állományjavító nélküli mintasort vizsgáltam. A szójafehérjés fagylaltok eredményei szemléltetik ezt a trendet a legjobban. Jól látható, hogy ahogy növekedett az állományjavító mennyisége, azzal arányosan csökkent a mért keménység, így egy egyre lágyabb, nyúlósabb textúrát adva a terméknek. A mikrobiális transzglutaminázt tartalmazó mintasor esetében megállapítható, hogy az enzim alkalmazásával az állományjavító nélkül készült mintasor trendjéhez hasonló eredményeket kaptam.

A statisztikai elemzést követően elmondható, amire már a szórások is engedtek következtetni, hogy a fehérje csoportok egymástól egyes állományjavító felhasználásakor különböznek, viszont nagy általánosságban nem figyelhető meg ez a tendencia. A mintacsoportokon belül is vannak kisebb-nagyobb átfedések, de láthatóak különbségek. Például a borsó- és rizsfehérje fagylaltoknál négyből három minta egyforma, míg egy különbözik a többitől. A legnagyobb különbségek a lóbab- és mungóbabfehérjével készített keverékeknél láthatóak. Ugyanis itt minden fagylalt mérése során más-más eredményt kaptam. Látható az is, hogy az állományjavító nélkül és a mikrobiális transzglutamináz enzimmel készült mintasorok között alig figyelhető meg különbség. Míg a legtöbb esetben a 0,1% szentjánoskenyérmag-lisztet tartalmazó mintasor nem volt átfedésben más mintasorokkal, viszont ezen minták között már felfedezhető volt hasonlóság. Példának okáért a borsó- és a rizsfehérjék között nem figyelhető meg szignifikáns különbség, ahogyan a fehérje nélküli és a szója fagylaltok között sem ebben a mintasorban.

17. ábra: A fagylaltminták teljes átvágásához szükséges munka értékei



A fagylalttrudak teljes átvágásához szükséges munka mérése alapján elmondható, hogy közel azonos eredményeket mértem, mint a keménységmérés során. Ennek oka, hogy a két mért érték között kapcsolat áll fenn, ugyanis minél keményebb egy fagylalt, annál több munkát kell befektetni az átvágás során. Jól látszik, hogy a mungóbabfehérje átvágásához volt szükség a legnagyobb munkára, ugyanúgy, mint a keménység mérés során. Ezen belül is a 0,1 g/100 g szentjánoskenyérmag-liszttel készült minta mérésekor kaptam a legmagasabb értéket. Szintén a fehérje nélkül készült fagylaltok átvágásához szükséges erő bizonyult a legkisebbnek. Az állományjavítók között viszont nem igazán lehet megállapítani egy sorrendet. Nagyrészt a 0,1% szentjánoskenyérmag-liszt eredményei voltak a legmagasabb, viszont a többi mintasor eredményei között nincs egyértelmű különbség. Ezeket az eredményeket nagy mértékben befolyásolta, hogy a minták a mérés során kisebb-nagyobb mértékben törtek, miközben a feltét behatolt a fagylaltba. Ennek oka lehetett, hogy a minták a vizsgálat során nagy mértékben olvadtak, szerkezetük puhult az egyes mérések végére, így a kifejtett erő hatására szerkezetük megrepedt és kisebb mértékű lett a szükséges munka. Jól látható a 17. ábrán az is, hogy a minták igen nagy szórással rendelkeznek, amelyek átfedésben vannak egymással, így a minták között nincs szignifikáns különbség. Ezt igazolja a statisztikai elemzés is. Látható az is a diagramon, hogy az állományjavítók változtatásával nem feltétlenül mérhető különbség az

egyes fehérjékkel készült minták között. Példának okául, a szójafehérjével készített fagylaltminták között láthatóak átfedések, tehát a csoporton belül nincs különbség, az állományjavító megléte vagy hiánya nem változtatott az eredményeken, ugyanolyan mértékű munkára volt szükség a szelet átvágásához. Míg a rizsfehérje esetében az állományjavító nélküli és a mikrobiális transzglutaminázzal készült keverékek hasonlóak voltak, de egyben el is tértek a szentjánoskenyérmag-liszttel készültétől. Ehhez hasonló trendet írnak le a borsófehérje értékei is, viszont itt az állományjavító nélküli és a 0,5% szentjánoskenyérmag-liszt között figyelhető meg hasonlóság. Tehát itt volt valamilyen mértékű különbség a csoporton belül. Voltak egyes csoportok, mint a fehérje nélküli vagy a mungóbabfehérjés fagylaltok, ahol négyből három minta között nem figyelhető meg különbség, ellenben a negyedik keverék kiugró értékkel különbözik tőlük. Néhány fehérje esetén igen nagy volt a szórás, tehát ezek a minták között nem állapítható meg különbség. Továbbá az állományjavító nélküli mintasor mérése során is igen jó eredmények születtek. Így az állomány szempontjából nem lenne szükséges az állományjavító alkalmazása, mivel egyes fehérjék alkalmazásával annak kihagyásával is elérhetjük a megfelelő állományt.

4.5.Érzékszervi bírálat

18. ábra: Az érzékszervi bírálathoz előkészített 0,1% szentjánoskenyérmag-lisztet tartalmazó mintasor (Forrás: Saját kép)



Végül pedig bemutatnám az érzékszervi bírálat eredményeit. A vizsgálat keretein belül a fagylaltok növényi fehérje szerint kerültek csoportosításra és az állományjavító mennyiségének hatását vizsgáltam. A kóstolásban 5 fő vett részt, akik szöveges értékelést adtak a keverékekről. Elmondható, hogy a 0,5% szentjánoskenyérmag-lisztet tartalmazó mintasor volt a legkevésbé kedvelt, mivel ezek a minták nem kerültek homogénezésre, így nagyon poros

érzetet keltettek a szájban, egyes minták szinte értékelhetetlenek voltak így. Nagyjából minden esetben jól látható volt a növényi fehérje okozta sárgás, természetes szín, valamint a rájuk jellemző illat és íz is. Íz tekintetében a rizsnél és a borsónál a gabonás, füves jelleg jelentkezett, minden esetben elnyomták a kókusztejszín ízét. Állomány értékelése alapján jól látszódott, hogy a 0,5 g/100 g állományjavítót tartalmazó minták nagy mértékben nyúltak, feltapadtak a szájpadrásra nem keltették a fagylaltra emlékeztető érzetet. Míg azoknál a mintáknál, amik nem tartalmaztak állományjavítót egy nagyon lágy, néha már-már jegesebb, kristályosabb állomány jelentkezett. A fehérje nélküli minták esetén a felhasznált rizsital és kókusztejszín íze és színe dominált. Ebben az esetben az állományjavító nélküli minta gyorsan olvadt és nagyon jeges volt, míg a 0,5 g-ot tartalmazó egy kellemes, lágy fagylaltos érzetet keltett. Összességében a felhasznált fehérjék közül a 0,1% szentjánoskenyérmag-liszttel készült szója- és lóbabfehérjés fagylaltok lettek a legkedveltebbek, mivel ezek megjelenése volt a legtetszetősebb, nem volt domináns gabonás, poros ízük, továbbá kellemes állománnyal rendelkeztek. A fehérjét nem tartalmazó fagylaltok is igen nagy kedveltséget értek el a kókuszos ízük miatt, valamint a kicsit vizesebb, de még fagylaltra emlékeztető állományuk miatt. A legkevésbé kedvelt növényi fehérje a mungóbab volt. A 0,5% szentjánoskenyérmag-lisztet tartalmazó fagylalt szinte ehetetlen volt a poros állománya végett, ettől eltekintve ízre sem volt a legfinomabb, mivel itt is érződött a már említett gabonás jelleg.

5.Következtetések és javaslatok

A kapott eredmények összehasonlítását követően, elmondható, hogy az alkalmazott növényi fehérjék jelentős befolyással voltak a késztermék és az érzékszervi tulajdonságaira is. Továbbá azt is ki lehet jelenteni, hogy az állományjavító adagolása egyes esetekben javított a fagylaltok tulajdonságain, de bizonyos kombinációknál inkább negatív befolyással bírt.

A kifagyasztás során beépült levegő mértéke az állományjavító mennyiségének növelésével csökkent, mely a fagylalt állományára is kihatással volt. A habosíthatóság az állományjavító nélküli minták esetében bizonyult a legjobbnak, míg a 0,1 g/100 g szentjánoskenyérmag-liszttel és a mikrobiális transzglutaminázzal készült mixek hasonló eredményt mutattak. Ezzel ellentétes tendencia volt megfigyelhető az olvadékonyság terén. Ugyanis azok a minták, amelyekben nem, vagy csak kis mennyiségben volt jelen állományjavító hamarabb, 10-20 perc alatt elkezdtek olvadni. Míg a nagyobb mennyiségben adagolt szentjánoskenyérmag-liszt jobban összefogta a fagylaltot és szobahőmérsékleten akár 30-35 percre is szükség volt az első csepp lecseppenéséhez.

Kijelenthető, hogy az állományjavító pozitív hatással volt a termékre, de csak kis mennyiségben, ezért a 0,1% szentjánoskenyérmag-liszt egy jó kiindulópont lehet a további fejlesztésekben. A kedvezőbb olvadékonysági tulajdonság elérése végett ez a mennyiség növelhető is akár minimális mértékben, viszont semmiképp sem haladhatja meg a 0,5%-ot, ugyanis ekkor már egy nyúlós, gumisabb állomány alakul ki. A mikrobiális transzglutamináz alkalmazása is eredményes volt, mivel hasonlóan a 0,1% szentjánoskenyérmag-liszttel készült mintasorhoz hasonló állományt kaptunk vele. Abban az esetben, ha csak az állománymérés során kapott eredményeket vesszük figyelembe, akkor nem is feltétlen lenne szükség állományjavító alkalmazására, mivel az eredmények alapján az állományjavító nélküli mintasor értékei is elég magasak voltak, megfelelő lett így is az állomány.

A színmérés eredményeit megnézve, valamint az érzékszervi bírálat során kapott leírások alapján, minden esetben az alkalmazott fehérjére jellemző árnyalat volt megfigyelhető. Mind a mixek, mind a kifagyasztott fagylaltok terén a természetes, sárgás árnyalat dominált, ami alól csak a fehérjét nem tartalmazó minta volt a kivétel, ugyanis ez fehér színű volt. Első ránézésre a már meglévő árnyalat mellé egy jó párosítás lehet a karamell íz, mely javíthatja a kedveltségét egyes mintáknak. Erre azért is lehet szükség, mert a fehérjék alkalmazásával egy erőteljesebb gabonára emlékeztető íz jelentkezik a kóstolás során, továbbá a jövőben egy opció lehet még a kakaó adagolással is. Az ízesítés alkalmazása során meg lehetne figyelni, hogy milyen

mértékben sikerülne elfedni a jellegzetes ízt és színt, amelyet a növényi fehérje okoz, valamint, hogy hogyan változik az eltérő fehérjével készült termékek iránt a kedveltség. Azért is szükséges lehet az ízesítésre, hogy a meglévő poros érzetet is elfedjük, ezzel is javítva az érzékszervi tulajdonságokat. A növényi fehérjeporokról elmondható, hogy igen nehezen oldódnak, ami megnehezítette a munkámat, mivel a kóstolás során egy kellemetlen érzés alakul ki a kóstolóban a porosság végett. Ebből következik, hogy a több esetben is ehetetlenek voltak a minták és mindenképp szükség van homogénezésre, amelyen a későbbiekben úgyszintén javítani kell, hogy egy kellemesebb textúrát kapjunk.

Az érzékszervi minősítés során egy leíró értékelés készült a fagylaltokról, ugyanis ezek még csak félkész termékek, melyek további fejlesztése indokolt. Összességében elmondható, hogy a bírálók tetszését a szója- és a lóbabfehérjét és 0,1 g/100 g szentjánoskenyérmag-lisztet tartalmazó minták nyerték el. A vélemények alapján szükséges a fagylaltok ízesítése a kedveltség növelése érdekében, bár a szójafehérjés fagylalt akár ízesítés nélkül is egy lehetséges opció lehet. Valamint a növényi fehérje nélküli mintáknál dominált a kókuszos íz, ami végett ezek a fagylaltok is igen kedveltek voltak, továbbá itt nem okozott problémát a poros jelleg sem. Mindenképp érdemes lehet a későbbiekben tovább foglalkozni a mungóbabfehérjével készült mintákkal az ellenére is, hogy az érzékszervi bírálat során ezek bizonyultak a legkevésbé kedveltnek, mivel a műszeres mérések eredményei alapján ezek eredményei voltak az egyik legjobbak. Lehetne vizsgálni, hogy az ízesítéssel milyen mértékben fedhető el ez a kellemetlenebb íz, amelyet a fehérje okoz és így növelhető lehetne-e a kedveltség az irányába.

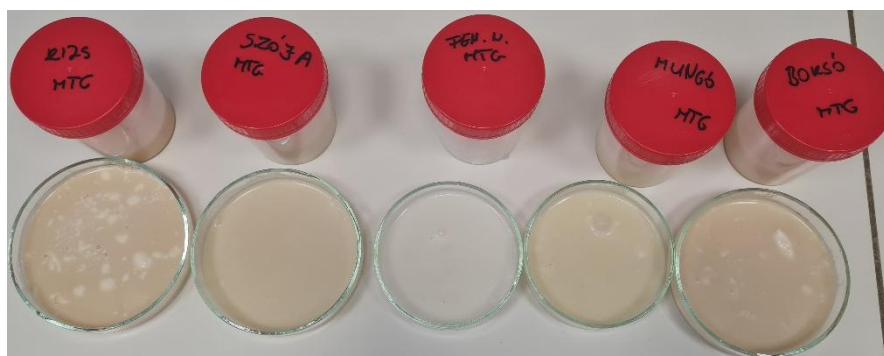
Az állományjavító nélküli mintákról elmondható, hogy az állománymérés terén meglepően jó eredményeket mutattak, egy kellemes, fagylaltra jellemző textúrával rendelkeznek. Továbbá ezeknél a fagylaltoknál mértem a legnagyobb mértékű térfogatnövekedést, ebben az esetben volt a legnagyobb a beépült levegő mértéke. Viszont nem lehet figyelmen kívül hagyni a tényt, hogy nagyon gyorsan olvadtak a minták, ami a nyári időszakban egy igen kedvezőtlen tulajdonság, mely egy negatív képet épít ki a fogyasztók fejében, ezzel rontva a fagylalt megítélését.

A szentjánoskenyérmag-liszttel készült mintasorok összehasonlítása során kiderült, hogy milyen eltérő tulajdonsággal rendelkező fagylaltok készíthetők az állományjavító koncentrációjának növelésével. A 0,5%-ot tartalmazó mintasor bizonyult a legrosszabbnak a négy mintasor közül, ugyanis ezek a fagylaltok nyúlós, ragadós állományúak voltak,

kellemetlen érzetet keltettek a szájban a kóstolás során, ellenben a legjobb olvadákonysággal rendelkeztek. Míg a 0,1%-ot tartalmazó mintasor bizonyult a legjobbnak, mivel kellően keménynek bizonyultak, átlagban 20 percre volt szükség az olvadákonyság mérése során az első csepp lecseppenéséhez. Továbbá az érzékszervi minősítés során is ezek voltak az egyik legkedveltebbek, merthogy kellően krémes állagúak voltak és kisebb mértékben jelentkezett a poros jelleg. Ebből következik, hogy ha szentjánoskenyér-mag-liszttel szeretnénk készíteni a fagylaltot, akkor fontos megtalálni a megfelelő mennyiséget belőle. A mérések alapján 0,1%-nál valamivel nagyobb mennyiséget lehet még alkalmazni, de semmiképp sem lehet már 0,5%, ugyanis akkor már nem kapnánk fagylaltra emlékeztető állományt.

A mikrobiális transzglutaminázzal készült mintasor esetében hasonló eredményeket kaptam, mint a 0,1% szentjánoskenyér-mag-liszttel készült mintasornál. Az éjszakai pihentetést követően a mixben jelenlévő zsír kicsapódott a rizs- és a borsófehérjék esetében. Ez a jelenség befolyással lehetett a színmérés eredményeire is, mivel nagy mértékben jelen voltak fehér foltok formájában a zsírmolekulák. A további kísérletek során ezzel a jelenséggel mindenképp érdemes még foglalkozni, esetleg szükséges lehet emulgeálószer alkalmazása a homogén szuszpenzió kialakítása végett.

19. ábra: Mikrobiális transzglutaminázzal készült mintasor keverékei, valamint az egyes mintáknál megfigyelhető zsírkicsapódás (Forrás: Saját kép)



Nem utolsó sorban pedig meg kell említeni azt is, hogy a fagylaltkészítés elején nem szerepelt a céljaim között egy fehérjével dúsított termék megalkotása, viszont a receptúra megírása után derült ki, hogy a termék megfelel a megnövelt fehérjetartalmú termékek kategória előírásának. A már korábban feltüntetett táblázatban (1. táblázat) megtalálható mennyiségek és értékek alapján kiszámításra került a szója fagylalt tápértéke. Az így kapott eredményt összehasonlítottam egy, a fogyasztók számára ismert márka vegán fagylalt termékével, melyet a következő táblázatban foglaltam össze.

2. táblázat: Az általam készített szója fagylalt és a kereskedelmi forgalomban kapható vegán fagylalt egyszerűsített tápérték táblázata 100 g-ra vonatkoztatva (Forrás: Saját szerkesztés)

	Saját készítésű szója fagylalt	Magnum© pálcikás jégkrém vegán mandula (90 ml)
Energia (kcal)	196,9	345
Fehérje (g)	6,2	2,7
Szénhidrát (g)	25	32
Zsír (g)	7,9	22

Az általam készített, fehérjét tartalmazó termékek minden esetben nagyjából 6% fehérjét tartalmaznak, a 2. táblázatban látható, hogy a szójafehérjével készült fagylaltban 6,2 g/100 g található. Ezzel szemben a kereskedelemben kapható vegán fagylaltokban általánosságban 1-2 gramm körüli mennyiség van 100 grammonként. Az 1924/2006/EK rendelet mellékletében meg van fogalmazva a tápanyag-összetételre vonatkozó állítások között a „fehérjeforrás” és a „megnövelt fehérje-tartalom” kritériumai. Amely szerint a „fehérjeforrás” kifejezést abban az esetben lehet alkalmazni, ha az élelmiszer energiaértékének minimum 12%-át a benne található fehérje adja. Ez esetben teljesül, ugyanis a feltüntetett példa alapján a szójafehérjével készült fagylaltnak a 12,8%-át adja a fehérje. Emellett, a „megnövelt fehérje-tartalom” feltüntetésének követelménye, hogy az élelmiszer megfeleljen a már említett „fehérjeforrás” kritériumának, valamint egy hasonló, már ismert termék fehérje-tartalmához képest legalább 30%-kal legyen magasabb értékű az említett élelmiszer. Megállapítható, tehát, hogy ennek a kritériumnak is megfelelnek a fehérjével készített fagylaltok. Ugyanis általánosságban 2 g/100 g környéken mozog a fehérje-tartalmuk, míg az én fagylaltjaim nagyrészt 6 g/100 g körül mozognak. Az említett példa alapján a Magnum© termékben 2,7 g fehérje van 100 g-ban, míg a szójafehérjét tartalmazó fagylaltban 6,2 g, ez körülbelül 44%-kal több fehérjét jelent.

Későbbi kutatások egy lehetséges témája lehetne az is, hogy a felhasznált növényi fehérjéket nem csak önmagukban, hanem keverékeként is alkalmazzuk a fagylaltokban. Így lehetne vizsgálni, hogy hogyan hatnának egymásra, valamint a késztermékre is. Érdekes lehet, hogy így a korábban alkalmazott állományjavítók közül ebben az esetben melyik lenne a legmegfelelőbb vagy akár szükség lenne-e rá.

6.Összefoglalás

Szakdolgozatomban különböző vegán fagylaltokat készítettem. A fagylaltok eltérő mintasorokban készültek el, melyek minden esetben hat mintát tartalmaztak. A céljaim között szerepelt, hogy megvizsgáljam az alkalmazott fehérjék és állományjavítók állományra, olvadékonyságra és egymásra gyakorolt hatásukat. Valamint az érzékszervi bírálat és a műszeres mérések eredményei alapján megtaláljam az ideális fehérjét, amely egy jó alapot nyújt a további kutatásokhoz és a végső termék elkészítéséhez.

Munkám során öt különböző fehérjét használtam fel a fagylaltminták elkészítéséhez. Ezek közé választottam a hétköznapiakban is ismert, elterjedten alkalmazott fehérjeforrásokat, mint a borsó, barnarizs és a szója. Emellett használtam még két másik fehérjeport is, a lóbab- és mungóbabfehérjét, melyek már kevésbé széles körben használtak. Az említett fehérjékkel négy eltérő mintasort készítettem. A mintasorok közül az első állományjavító nélkül készült, a másodikban 0,1%, míg a harmadikban 0,5% szentjánoskenyérmag-liszt került. Az utolsó mintasor megfelelő állományának kialakítása érdekében pedig mikrobiális transzglutamináz enzimet adagoltam a mintákhoz.

A minták készítése során törekedtem az egységes és összehasonlítható receptúra kidolgozására, ebből kifolyólag közel azonos zsír, szénhidrát és fehérjetartalmú mixeket készítettem. A fagylaltkeverékek kifagyasztását megelőzően lemérésre kerültek a mixek szárazanyag-tartalmai önellenőrzés céljából. Továbbá mértem a pH-értékeiket és a felületi színeket is. Már ezen eredmények alapján megállapítottam, hogy a felhasznált fehérjék hatása mérhető és különböző mértékben voltak hatással a mintákra. A felületi színek közötti különbségeket szabad szemmel is már érzékelhető volt.

A már kész fagylaltokon is több különböző mérést végeztem. Elsőként a kifagyasztás eredményességét, a habosíthatóságot vizsgáltam, vagyis, hogy milyen mértékben épült be levegő a fagylaltmixbe. Ebben az esetben is megfigyelhető volt a fehérjék és állományjavítók okozta különbségek. Legszembetűnőbb eredmény az volt, hogy az állományjavító mennyisége nagy hatással volt a levegő beépülésének mértékére. Tehát, ha túl nagy mértékben adtam hozzá a szentjánoskenyérmag-lisztet, akkor az negatív befolyással volt a mintasorokra, míg a kisebb mennyiség és vagy az állományjavító teljes elhagyása jobb eredményeket produkált.

Ezt követte a két kulcsfontosságú tulajdonság tanulmányozása, az állomány és az olvadékonyság mérése. Állománymérés során a fagylaltok kanalizhatóságát, az ahhoz szükséges erőt mértem. Itt is hasonló tendencia volt megfigyelhető, mint a habosíthatóság

mérése során, vagyis a kevesebb állományjavítóval jobb érték volt elérhető. Az olvadákonyság mérése során pedig monitoroztam, hogy mennyi idő szükséges 50 g fagylalt elolvadásához szobahőmérsékleten. Ez a mérés különösen fontos vizsgálat a kutatásom során, ugyanis általánosságban a vegán fagylaltok nem rendelkeznek túl jó olvadási tulajdonságokkal.

Mindezek mellett, a fagylaltokat érzékszervi bírálat keretein belül is vizsgáltam. A bírálat során a fő hangsúlyt a kedveltségre fektettem, tehát, hogy a résztvevők szerint melyik minta rendelkezett a legjobb élvezeti értékkel. A leíró értékelések alapján egy, a műszeres mérésekkel ellentétes eredményt kaptam. Ugyanis az érzékszervi bírálat alapján a 0,1% szentjánoskenyérmag-liszttel készült szója- és lóbabfehérjés fagylaltok voltak a legkedveltebbek, míg a műszeres mérések alapján a mungóbabfehérjével készült fagylaltnál mértem a legjobb értékeket.

A vizsgálataim során kapott eredmények alapján elmondható, hogy a további kutatásokban a fő hangsúlyt a szója-, lóbab- és mungóbabfehérjékre kellene fektetni. Ugyanis ezek mind érzékszervileg, mind a műszeres mérések alapján jó kiindulópontul szolgálnak. Továbbá mindenképp szükséges még foglalkozni az állományjavító szükségességével és típusával is, a megfelelő állomány és olvadákonyság kialakítása végett.

7. Irodalomjegyzék

- Al, M., Ersöz, F., Özaktaş, T., Türkanoglu-Özçelik, A., & Küçükçetin, A. (2020). Comparison of the effects of adding microbial transglutaminase to milk and ice cream mixture on the properties of ice cream. *International Journal of Dairy Technology*, 73(3), 578–584. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12707>
- Arbuckle, W. S. (1986). *Ice Cream*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5447-6>
- Atalar, I., Kurt, A., Gul, O., & Yazici, F. (2021). Improved physicochemical, rheological and bioactive properties of ice cream: Enrichment with high pressure homogenized hazelnut milk. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100358. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100358>
- Barak, S., & Mudgil, D. (2014). Locust bean gum: Processing, properties and food applications—A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 66, 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.02.017>
- Bekiroglu, H., Goktas, H., Karaibrahim, D., Bozkurt, F., & Sagdic, O. (2022). Determination of rheological, melting and sensorial properties and volatile compounds of vegan ice cream produced with fresh and dried walnut milk. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 28, 100521. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100521>
- Chen, M., Lu, J., Liu, F., Nsor-Atindana, J., Xu, F., Goff, H. D., Ma, J., & Zhong, F. (2019). Study on the emulsifying stability and interfacial adsorption of pea proteins. *Food Hydrocolloids*, 88, 247–255. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.09.003>
- Chen, W., Liang, G., Li, X., He, Z., Zeng, M., Gao, D., Qin, F., Goff, H. D., & Chen, J. (2019). Effects of soy proteins and hydrolysates on fat globule coalescence and meltdown properties of ice cream. *Food Hydrocolloids*, 94, 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.045>
- Clarke, C. (2012). *The science of ice cream* (2nd ed). RSC Publishing.
- Danesh, E., Goudarzi, M., & Jooyandeh, H. (2017). Short communication: Effect of whey protein addition and transglutaminase treatment on the physical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5206–5211. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12537>
- Dube, M., Schäfer, C., Neidhart, S., & Carle, R. (2007). Texturisation and modification of vegetable proteins for food applications using microbial transglutaminase. *European Food Research and Technology*, 225(2), 287. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0401-2>

- Fenyvessy J., Csanádi J., Csapó J., & Csapó-Kiss Z. (2014). *Tejipari technológia: Tej és tejtermékek a táplálkozásban*. Scientia.
- Ghaderi, S., Mazaheri Tehrani, M., & Hesarinejad, M. A. (2021). Qualitative analysis of the structural, thermal and rheological properties of a plant ice cream based on soy and sesame milks. *Food Science & Nutrition*, 9(3), 1289–1298. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2037>
- Goff, H. D., & Hartel, R. W. (2013). *Ice Cream*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6096-1>
- Guler-Akin, M. B., Avkan, F., & Akin, M. S. (2021). A novel functional reduced fat ice cream produced with pea protein isolate instead of milk powder. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(11), e15901. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15901>
- Hasan, T., Thoo, Y. Y., & Siow, L. F. (2023). Effect of plant proteins on the physical and thermal properties of dairy-free frozen dessert mix. *Food Chemistry Advances*, 3, 100408. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100408>
- Hei, X., Liu, Z., Li, S., Wu, C., Jiao, B., Hu, H., Ma, X., Zhu, J., Adhikari, B., Wang, Q., & Shi, A. (2024). Freeze-thaw stability of Pickering emulsion stabilized by modified soy protein particles and its application in plant-based ice cream. *International Journal of Biological Macromolecules*, 257, 128183. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128183>
- Hidas, K. I., Nyulas-Zeke, I. C., Szepessy, A., Romvári, V., Gerhart, K., Surányi, J., Laczay, P., & Darnay, L. (2023). Physical properties of hemp drink-based ice cream with different plant proteins guar gum and microbial transglutaminase. *LWT*, 182, 114865. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114865>
- Javidi, F., Razavi, S. M. A., Behrouzian, F., & Alghooneh, A. (2016). The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low fat ice cream. *Food Hydrocolloids*, 52, 625–633. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.08.006>
- Karimidastjerd, A., & Kilic-Akyilmaz, M. (2021). Formulation of a low-protein rice drink fortified with caseinomacropeptide concentrate. *Food and Bioproducts Processing*, 125, 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.11.004>
- Kot, A., Kamińska-Dwórznička, A., Galus, S., & Jakubczyk, E. (2021). Effects of Different Ingredients and Stabilisers on Properties of Mixes Based on Almond Drink for Vegan Ice Cream Production. *Sustainability*, 13(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/su132112113>

- Liu, X., Sala, G., & Scholten, E. (2024). Impact of soy protein dispersibility on the structural and sensory properties of fat-free ice cream. *Food Hydrocolloids*, 147, 109340. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109340>
- Miguel, I., Coelho, A., & Bairrada, C. M. (2021). Modelling Attitude towards Consumption of Vegan Products. *Sustainability*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/su13010009>
- Narala, V. R., Orlovs, I., Jugbarde, M. A., & Masin, M. (2022). Inulin as a fat replacer in pea protein vegan ice cream and its influence on textural properties and sensory attributes. *Applied Food Research*, 2(1), 100066. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100066>
- Nie, Y., Wang, L., & Jiang, J. (2024). Fat crystallization and physical characteristics of mung bean protein-based frozen whipped emulsions: Effect of lipophilic surfactants and quinoa hydrolysate. *Food Hydrocolloids*, 146, 109297. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109297>
- Nooshkam, M., Varidi, M., & Alkobeisi, F. (2023). Licorice extract/whey protein isolate/sodium alginate ternary complex-based bioactive food foams as a novel strategy to substitute fat and sugar in ice cream. *Food Hydrocolloids*, 135, 108206. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108206>
- Pontonio, E., Montemurro, M., Dingeo, C., Rotolo, M., Centrone, D., Carofiglio, V. E., & Rizzello, C. G. (2022). Design and characterization of a plant-based ice cream obtained from a cereal/legume yogurt-like. *LWT*, 161, 113327. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113327>
- Rossa, P. N., Burin, V. M., & Bordignon-Luiz, M. T. (2012). Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents. *LWT - Food Science and Technology*, 48(2), 224–230. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.03.017>
- Rossa, P. N., De Sá, E. M. F., Burin, V. M., & Bordignon-Luiz, M. T. (2011). Optimization of microbial transglutaminase activity in ice cream using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 44(1), 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.06.013>
- Roy, T., Singh, A., Sari, T. P., & Homroy, S. (2023). Rice protein: Emerging insights of extraction, structural characteristics, functionality, and application in the food industry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 123, 105581. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105581>
- Smith, J. S., & Hui, Y. H. (Szerk.). (2004). *Food processing: Principles and applications* (1. ed). Blackwell.

- Wang, Y., Zhao, J., Zhang, S., Zhao, X., Liu, Y., Jiang, J., & Xiong, Y. L. (2022). Structural and rheological properties of mung bean protein emulsion as a liquid egg substitute: The effect of pH shifting and calcium. *Food Hydrocolloids*, 126, 107485. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107485>
- Zhang, J., Zhu, R., & Meng, Z. (2024). Whipped cream stabilized by faba bean protein isolate microgel particles substituted for sodium caseinate: Whipping performance and foam stabilization analysis. *Food Hydrocolloids*, 157, 110388. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110388>
- Zhao, H., Shen, C., Wu, Z., Zhang, Z., & Xu, C. (2020). Comparison of wheat, soybean, rice, and pea protein properties for effective applications in food products. *Journal of Food Biochemistry*, 44(4), e13157. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13157>
- Zhao, Y., Khalesi, H., He, J., & Fang, Y. (2023). Application of different hydrocolloids as fat replacer in low-fat dairy products: Ice cream, yogurt and cheese. *Food Hydrocolloids*, 138, 108493. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108493>

Internetes hivatkozás:

Az Európai Parlament és a Tanács 1924/2006/EK rendelete (2006. december 20.) az élelmiszerekkel kapcsolatos, tápanyag-összetételre és egészségre vonatkozó állításokról

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:012:0003:0018:HU:PDF>

8.Ábrák, táblázatok és egyenletek jegyzéke

8.1.Ábrajegyzék

1. ábra: Fagylalt szerkezetének általános vázlata (Forrás: Zhao és mtsai. (2023)).....	7
2. ábra: Fagylaltgyártás lépései ipari körülmények között Clarke (2012) ábrája alapján.....	13
3. ábra: Fagyasztóberendezésben található kaparólapátok működési elve (Forrás: Clarke (2012)).....	15
4. ábra: Fagylaltkészítés lépései (Forrás: Saját ábra).....	18
5. ábra: Szín-, pH- és szárazanyag-tartalom mérés során vizsgált fagylaltmixek	19
6. ábra: Olvadékonyság mérés (Forrás: Saját képek).....	20
7. ábra: SMS TA.XT Plus állománymérő készülék	21
8. ábra: Szárazanyag-tartalom mérése során kapott eredmények	22
9. ábra: pH-mérés során kapott eredmények.....	23
10. ábra: Színméréshez használt fagylaltmix minták balról jobbra haladva: rizs, szója, borsó, mungóbab, lóbab és fehérje nélküli keverékek (Forrás: Saját kép)	24
11. ábra: Világossági tényező (L^*) mérése során kapott eredmények	24
12. ábra: Vörös-zöld hányados (a^*) mérése során kapott eredmények.....	24
13. ábra: Sárga-kék hányados (b^*) mérése során kapott eredmények	25
14. ábra: Habosíthatóság mérése során kapott eredmények	26
15. ábra: A fehérje nélküli és a mungóbab olvadékonyságának mérése során kapott eredmények alapján felvett olvadási görbék	27
16. ábra: Állomány mérése során kapott fagylaltminták keménységének értékei.....	29
17. ábra: A fagylaltminták teljes átvágásához szükséges munka értékei	31
18. ábra: Az érzékszervi bírálathoz előkészített 0,1% szentjánoskenyérmag-lisztet tartalmazó mintasor (Forrás: Saját kép).....	32
19. ábra: Mikrobiális transzglutaminázzal készült mintasor keverékei, valamint az egyes mintáknál megfigyelhető zsírkicsapódás (Forrás: Saját kép)	36

8.2.Táblázatjegyzék

1. táblázat: Alapreceptúra 100 g-ra vonatkoztatva (Forrás: Saját szerkesztés).....	17
2. táblázat: Az általam készített szója fagylalt és a kereskedelmi forgalomban kapható vegán fagylalt egyszerűsített tápérték táblázata 100 g-ra vonatkoztatva (Forrás: Saját szerkesztés) 37	

8.3.Egyenletjegyzék

1. egyenlet: Kifagyasztás során bekövetkezett térfogatnövekedés mértékének számítása.....	20
---	----